

УДК 58+581.6

doi:10.21685/2307-9150-2022-4-7

Возможности использования водорослей в экологической оценке городских почв

Ж. Ф. Пивоварова¹, З. З. Багаутдинова², А. Г. Благодатнова³

^{1,2,3}Новосибирский государственный педагогический университет,
Новосибирск, Россия

²Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

¹pivovarova4117@yandex.ru, ²zulfir-a@yandex.ru, ³ablagodatnova@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Рассматриваются результаты исследования видового разнообразия водорослей на урбанизированных почвах г. Новосибирска. Целью данной работы является выяснение ответной реакции альгофлоры на степень антропогенной нагрузки как возможный биоиндикатор состояния окружающей среды. *Материалы и методы.* В пределах г. Новосибирска были выбраны 9 участков с разной степенью антропогенной нагрузки, на которых проводили сбор проб по общепринятой альгологической методике. *Результаты.* Было выявлено 92 вида и внутри-видовых таксонов (в/в) водорослей, относящихся к 4 отделам, 7 классам, 11 порядкам, 22 семействам, 39 родам. В почве исследуемых участков обнаружены водоросли из отдела сине-зеленых водорослей – 42 вида, зеленых водорослей – 31 вид, желтозеленых – 6 видов и диатомовых водорослей – 13 видов. Изменение показателей эколого-ценотической значимости от 0,13 до 0,77 и интегрального показателя развития альгогруппировок от 29 до 211 (по разным участкам) позволило судить об ответных реакциях альгогруппировок на степень антропогенного воздействия. *Выводы.* Использование эколого-ценотической значимости видов и интегрального показателя развития позволило выяснить степень сформированности альгогруппировок как ответную реакцию на антропогенную нагрузку в г. Новосибирске. Антропогенная нагрузка существенно влияет на степень сформированности альгогруппировок, которая может служить биоиндикатором состояния окружающей среды.

Ключевые слова: почвенные водоросли, городские почвы, фитоценотическая организация, окружающая среда, Новосибирск, Западная Сибирь

Финансирование: работа поддержана бюджетным проектом FWNR-2022-0007.

Для цитирования: Пивоварова Ж. Ф., Багаутдинова З. З., Благодатнова А. Г. Возможности использования водорослей в экологической оценке городских почв // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2022. № 4. С. 68–77. doi:10.21685/2307-9150-2022-4-7

Possibilities of using algae in the ecological assessment of urban soils

Zh.F. Pivovarova¹, Z.Z. Bagautdinova², A.G. Blagodatnova³

^{1,2,3}Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

²Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences (SB RAS), Novosibirsk, Russia

¹pivovarova4117@yandex.ru, ²zulfir-a@yandex.ru, ³ablagodatnova@yandex.ru

Abstract. Background. This article discusses the results of a study of the species diversity of algae on urbanized soils in the city of Novosibirsk. The purpose of this work is to elucidate the response of algoflora to the degree of anthropogenic load as a possible bioindicator of the state of the environment. **Materials and methods.** Within the city of Novosibirsk, 9 sites were selected with varying degrees of anthropogenic load, where samples were collected according to the generally accepted algological method. **Results.** During the studies, 92 species and intraspecific taxa (c/o) belonging to 4 divisions, 7 classes, 11 orders, 22 families, and 39 genera were identified. Algae from the blue-green algae division - 42 species, green algae - 31 species, yellow-green algae - 6 species and diatom algae - 13 species were found in the soil of the studied sites. Changes in the ecological and cenotic significance from 0.13 to 0.77 and in the integral index of algogroup development from 29 to 211 for different plots allowed us to judge about the responses of algogroups to the degree of anthropogenic impact. **Conclusions.** The use of the ecological and cenotic significance of species and the integral indicator of development made it possible to determine the degree of formation of algal groups as a response to the anthropogenic load in Novosibirsk. Anthropogenic load significantly affects the degree of formation of algal groups, which can serve as a bioindicator of the state of the environment.

Keywords: soil algae, urban soils, phytocoenotic organization, environment, Novosibirsk, Western Siberia

Acknowledgments: the work is supported by the budget project FWNr-2022-0007.

For citation: Pivovarova Zh.F., Bagautdinova Z.Z., Blagodatnova A.G. Possibilities of using algae in the ecological assessment of urban soils. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2022;(4):68–77. (In Russ.). doi:10.21685/2307-9150-2022-4-7

Введение

Город Новосибирск – один из крупнейших мегаполисов России, и влияние его на окружающую природу колоссально. Специфика в том, что «преобладает экстенсивный характер рекреационного освоения, который выражается в стихийности процесса, а обеспеченность населения агломерации в территории в шесть раз ниже требуемой» [1]. Поэтому изучение трансформации альгофлоры как отклика на антропогенные воздействия является необходимым условием для выявления общих тенденций изменения экосистем городской агломерации, а также ее пригорода [2].

Материалы и методика исследования

Сбор проб проведен по общепринятой альгологической методике [3]. Культивирование проводили в установке Флора-1 при температуре 20–22 °С, освещении люминесцентными лампами (ЛБ-40) 8–10 ч в сутки. Для полива применяли питательную среду Кнопа. Просмотр проводили после трех недель выращивания культур в течение 4 мес. [4]. Определяли обилие вида, ЭЦЗ (коэффициент эколого-ценотической значимости вида), ИПР (интегральный показатель развития альгогруппировки) [5, 6], который зависит от числа входящих в альгогруппировку видов и степени их обилия. Таксономический анализ альгофлоры проведен в соответствии с системой М. М. Голлербаха [7].

В пределах г. Новосибирска было выбрано 9 участков: Заельцовский сосновый бор – фоновый участок (№ 1) и участки № 2 и 3 – с низкой антропогенной нагрузкой – лесопарк: газон и дорожки Заельцовского парка куль-

туры и отдыха (ПКиО). Участки со значительной антропогенной нагрузкой: открытая промышленная территория завода «Экран» – участок № 4, свалка завода – участок № 5. Третья группа проб была отобрана у бензоколонки – участок № 9, пробы № 6, 7, 8 – участки скоростной дороги: обочина дороги (1 м), на расстоянии 10 м от дороги и 300 м от дороги соответственно.

Особое внимание следует уделить характеристикам участков Заельцовского соснового бора. Экологический мониторинг парковых зон позволяет оценить степень негативного антропогенного воздействия в результате эксплуатации данных территорий в качестве рекреационных, прогнозировать дальнейшее состояние парковых экосистем и определить оптимальные меры по их поддержанию и восстановлению. Именно поэтому в качестве фонового и участка с минимальным прессингом была выбрана парковая территория.

Результаты и обсуждение

В исследованных биотопах г. Новосибирска всего выявлено 92 вида и внутривидовых таксонов (в/в) водорослей, относящихся к 4 отделам, 7 классам, 11 порядкам, 22 семействам, 39 родам. Из них сине-зеленых водорослей (С) 42 вида (45,7 % от всей обнаруженной альгофлоры), зеленых водорослей (З) – 31 вид (33,7 %), желтозеленых (Ж) – 6 видов (6,5 %) и диатомовых водорослей (Д) – 13 видов (14,1 %). Таксономическая структура альгофлоры отдельных участков проявляет некоторую специфику (табл. 1).

Таблица 1
Таксономическая структура альгофлоры исследованных территорий

Таксон	Участки взятия проб									Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Отдел	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4
Класс	7	6	6	6	6	4	5	7	5	7
Порядок	9	8	8	8	7	6	7	9	6	11
Семейство	17	12	14	13	10	12	13	14	7	22
Род	30	17	16	16	14	15	20	22	7	39
Вид	50	25	21	21	20	18	27	36	8	92

Фоновый участок расположен в северной части Заельцовского бора, тянется узкой полосой вдоль береговой линии и представлен сосняком разнотравным. Травяной ярус имеет 80–90 % проективного покрытия. Почвы дерново-подзолистые, супесчаные. При таком высоком проективном покрытии почвенные водоросли находятся на положении альгосинузий. Как и следовало ожидать, на фоновом участке обнаружено 50 видов водорослей – это самое большое число видов из всех обследованных биотопов: С₁₈З₂₃, Ж₅Д₄ (50 видов и в/в таксонов), что составляет 54 % от всей выявленной альгофлоры. Прева-лирование по числу видов зеленых водорослей – характерная черта лесных экосистем.

В фитоценотической организации прослеживаются определенные закономерности. Подстилка в любой экосистеме – это особый специфический горизонт. В исследованном фоновом сосновом лесу в подстилке доминировали сине-зеленые водоросли *Lyngbya martensiana* Menegh. (ЭЦЗ = 0,37) и из диатомовых *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. с ЭЦЗ = 0,66. Многие исследова-

тели отмечают [8–10], что сине-зеленые и диатомовые водоросли в лесах встречаются редко и приурочены к подстилке. В почве не только по числу видов, но и с самым высоким показателем ЭЦЗ отмечены зеленые водоросли *Chlorella mirabilis* V. Andr. (0,70), *Bracteococcus minor* (Chodat) Petrová (0,64), *Myrmecia bisecta* (Reisigl) (0,63), что собственно и характерно для лесных экосистем.

Для водорослей характерны те же экологические группы по отношению к воде, что и для высших растений. Среди видов водорослей к мезофитам относится 38 %, с учетом ксеромезофитов всего 84 % от всей флоры, обнаруженной на фоновом участке. Ксерофитов вместе с мезоксерофитами 16 %. Преобладание мезофитов и ксеромезофитов подчеркивает лесную природу сообщества. По морфотипам преобладали коккоидные (27 %) и трихальные (12 %) виды водорослей. Кроме того, обнаружены монадные, политрихальные и колониально-коккоидные морфотипы. Анализ этих данных позволяет заключить, что этот биотоп вполне может считаться фоновым.

Однако альгофлора двух других биотопов в пределах парковой зоны (газон и дорожки) проявляет некоторые отличия по ряду параметров. Прежде всего, приблизительно в два раза сократилось число родов и видов водорослей (см. табл. 1). На газоне таксономический состав: $C_{10}Z_{11}J_2D_2(25)$, а на дорожке: $C_9Z_8J_1D_3(21)$. По наполняемости отделов видами между ними разницы большой нет. Несколько изменилась организация водорослевого сообщества. Произошла смена доминантов, ЭЦЗ – резко снизилась. На газоне *Bracteococcus minor* сохранил положение доминанта, но с более низким показателем ЭЦЗ (0,50), чем в ненарушенном сообществе. На лесных дорожках альгогруппировка по всем показателям более гетерогенная. Возросло разнообразие морфотипов, особенно на дорожках (до 8), но при этом практически в 2,5–3 раза сократилось число видов трихального и коккоидного морфотипа. На дорожках появились представители колониально-трихального морфотипа с высоким баллом обилия – виды pp. *Nostoc* и *Microcoleus*. Это виды пленкообразователи, а виды р. *Nostoc* еще и азотфиксаторы. Как отмечают Э. А. Штина и М. М. Голлербах [11], эти виды не способны конкурировать с высшими растениями, но относительно быстро осваивают открытые или обедненные азотом участки почвы.

В целом следует отметить, что соотношение отделов водорослей, доминантных видов, морфотипов соответствует фоновому лесному сообществу. Тем не менее даже относительно небольшие антропогенные нагрузки приводят к снижению ИПР в 2 раза.

Участки со значительной антропогенной нагрузкой: открытая промышленная территория завода «Экран» – участок № 4, свалка завода – участок № 5. Несмотря на то, что завод работает на природном газе, идет существенное загрязнение, связанное с гальванопластикой. Отвалы завода (возраст отвалов около 2–3 лет) характеризуются токсичными отходами производства (стекло, шлаки, наполнители, пенопласт, строительные отходы, глина и др.). Концентрация меди в промышленных отходах – 3,4 мг/кг, а никеля – 4,2 мг/кг, что незначительно превышает ПДК. После замечаний Новосибирского городского Комитета охраны окружающей среды недочеты были устранены [12].

В альгофлоре открытой промышленной территории завода и свалки число семейств, особенно на свалке, уменьшилось в 1,7 раза, число родов

уменьшилось практически в 2 раза (16 и 14 родов соответственно, против 30 родов на фоновом лесном участке). Таксономическая структура флоры водорослей на открытой промышленной территории завода и на свалке по числу видов в отделах практически не отличается: $C_8Z_9J_1D_3(21)$ и $C_9Z_8J_1D_2(20)$ соответственно. Вместе с тем очевидно, что по числу видов явно преобладают сине-зеленые и зеленые водоросли. Несмотря на уменьшение числа видов сине-зеленых водорослей (при общем видовом обеднении), долевое участие сине-зеленых резко возросло с 26 % на фоновом лесном массиве до 43 % – на открытой промышленной территории завода «Экран».

Исследованные места обитания можно рассматривать как экотоп, мало преобразованный водорослями. В организации альгогруппировок активное участие принимают *Microcoleus vaginatus* (Vauch.) Gom., *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom., *Lyngbya martensiana* Menegh., *Gloeocapsa minor* (Kütz.) Hollerb. и *Microcystis pulvereae* f. *incerta* (Lemm.). Преимущественно это трихальные и колониально-коккоидные морфотипы. На свалке, кроме выше перечисленных видов, отмечено активное развитие *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom. и *Ph. foveolarum* (Mont.) Gom. Совместно с колониальными морфотипами *Gloeocapsa minor* и *Microcystis pulvereae* f. *incerta*, которые образуют обильную слизь, трихальные структуры активно начинают процесс освоения субстратов на начальных этапах первичной сукцессии. Их нити могут достигать значительных размеров. Известно, что нити *Microcoleus vaginatus* в 1 г воздушно-сухой почвы могут достигать 92 м длины [13]. ИПР альгогруппировок на открытом участке территории составляет 87, а на свалке – 82. В сравнении, к примеру, с аналогичным показателем лесного массива, он в 2,6 раза ниже, что свидетельствует о слабой сформированности водорослевого сообщества свалок.

Третья группа с 6 по 9 пробы взяты с целью выяснения влияния бензина, выхлопных газов, тяжелых металлов на альгофлору. Бензоколонка (т. 9) представляет площадку с твердым покрытием, на которой лежит наносной слой почвы с колес машин местами до 1 см. Растения отмечены на расстоянии около 20 м от колонки, весьма угнетенные, с большой долей сухостоя. Здесь формируется самая бедная альгогруппировка: $C_3Z_3J_0D_2(8)$. Обнаружены *Microcystis pulvereae* f. *incerta*, *Gloeocapsa minor*, *Microcoleus vaginatus*, из зеленых водорослей отмечены *Chlorella mirabilis*, *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh., диатомовые представлены видами *Navicula popula* var. *popula* Kutz. и *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. Большинство из них имели значительно выраженную слизь. Желто-зеленые водоросли как наиболее чувствительные к загрязнению обнаружены не были. Число видов водорослей и их встречаемость позволяют установить доминирование.

Обочина дороги (т. 6): узкая полоса наносного грунта вдоль трассы около 1 м шириной. Постоянно подвергается смыву потоком воды или сдуванию от движения транспорта. Высших растений нет. Группировка водорослей неустойчивая, обеднена видами и представлена $C_9Z_6J_0D_3(18)$. По обилию доминируют сине-зеленые водоросли: *Phormidium tenue*, *Ph. autumnale*, *Oscillatoria tenuis* Ag., *Gloeocapsa minor*; в субдоминантах *Hantzschia amphioxys*, *Bracteococcus minor*. Показатели ЭЦЗ доминантов лежат в относительно низких пределах от 0,47 до 0,57. Вместе с тем отмечено для обочин дорог большое число видов, в среднем 49 видов на одну пробу [14].

Следующий участок (т. 7) расположен в 10 м от дороги в понижении, с одной стороны образовавшемся в результате искусственной насыпи вдоль дороги, а с другой – лесозащитной полосой из *Betula pendula*. Почва влажная, растительность с элементами олуговения с преобладанием злаков и разнотравья – с проективным покрытием 85–100 %. Смыв и сток с дороги, оседание выхлопных газов происходят регулярно. Во флористическом отношении сообщество водорослей представлено большим числом видов, чем предыдущая точка: $C_{11}Z_{12}Ж_0Д_4(27)$. Число видов сине-зеленых и зеленых водорослей практически равно, однако доминанты представлены от всех трех отделов: *Microcoleus vaginatus*, *Bracteococcus minor* и *Hantzschia amphioxys*. Э. А. Штина и другие установили [15], что дымо-газовые эмиссии существенно влияют на почвенные водоросли, клетки которых могут проявлять своеобразный «гигантизм», а полисахаридные слизистые чехлы надежно защищают водоросли [16].

Наиболее удаленный участок от трассы (т. 8) находится на расстоянии 300 м за полосой лесонасаждения на злаково-разнотравном лугу с проективным покрытием 70–80 %. Это отразилось на таксономической структуре альгофлоры: $C_{13}Z_{15}Ж_3Д_5(36)$. Из всех исследованных территорий здесь обнаружено больше всего видов и внутривидовых таксонов. Появились виды, которых не было на загрязненных участках (*Scenedesmus acutus* Meyen, *Tetracystis aggregata* R.M.Brown et Bold). По многочисленным исследованиям известно, что в травянистых экосистемах число видов водорослей всегда больше, чем в лесных экосистемах [11]. Исследованный луговой фитоценоз все же испытывает антропогенное воздействие: отголоски близости скоростной автотрассы, выпас скота и частично сенокосение. Это не могло не сказаться на относительно обедненном видовом составе. Тем не менее характерные для луговых сообществ виды здесь широко представлены: *Phormidium foveolarum*, *Ph. autumnale*, *Nostoc microscopium*, *N. muscorum*, *Microcoleus vaginatus* и др. В доминантный комплекс вошли *Oscillatoria tenuis* Ag., *Ph. foveolarum*, *Ph. autumnale*.

Рассматривая в целом структуру альгофлоры всех исследованных участков, можно отметить некоторые ее особенности (табл. 2).

Таблица 2

Структура альгофлоры исследованных участков

Отделы водорослей	Участки								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сине-зеленые	18	10	9	8	9	9	11	13	3
Зеленые	23	11	8	9	8	6	12	15	3
Желто-зеленые	5	2	1	1	1	0	0	3	0
Диатомовые	4	2	3	3	2	3	4	5	2
Всего видов	50	25	21	21	20	18	27	36	8

Совершенно очевидно, что флоры всех участков значительно уступают по числу видов водорослей фоновому участку. Особенно ярко это проявилось с флорой у бензоколонки (№ 9), которая практически в 6 раз меньше альгофлоры фонового леса. Другим антиподом из обследованных территорий является участок на расстоянии 300 м от скоростной дороги (№ 8), где число видов водорослей почти в 1,5 раза меньше альгофлоры фонового леса. Флора остальных участков колеблется в пределах 18–25 видов.

Используя интегральный показатель степени развития водорослевой группировки (ИПР), можно оценивать роль той или иной группировки водорослей. Очевиден их определенный ранжир, ИПР уменьшается практически в 2 раза (в 1,9) в ряду биотопов: фон – газон – дорожка (211, 162, 113 соответственно) (табл. 3).

Таблица 3

Показатели ИПР альгогруппировок исследованных участков

Участки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ИПР	211	162	113	87	82	86	117	146	29

Выпадает из этого ряда участок № 9 (территория бензоколонки), где явно еще не сформировалось сообщество водорослей, состоящее всего из восьми видов, ИПР = 29. Л. Н. Новичкова-Иванова [17] предлагает называть такое образование, вслед за А. А. Гроссгеймом [18] для высших растений, агломерацией. Участки 4–6 (открытая промышленная территория завода «Экран», свалка и участок вдоль трассы) имеют от 18 до 21 видов, но они еще недостаточно ассоциированы. Их вполне можно отнести в соответствии с выше предложенной классификацией к семиассоциации. ИПР = от 82 до 86. Участки с 1 по 3 (фоновый лес и газоны и дорожки парка), а также участки 7 и 8 (10 и 300 метров от скоростной трассы) явно можно объединить в единую группу относительно сформированных водорослевых группировок на положении альгосинузий. Показатели ИПР лежат в пределах от 113 до 211.

Заключение

Таким образом, альгофлора в исследованных биотопах г. Новосибирска достаточно разнообразна и представлена 92 видами и внутривидовыми таксонами почвенных водорослей. Исследования альгофлоры на разных участках показали изменение таксономической структуры, уменьшение числа видов по мере антропогенного прессинга на тот или иной участок, смены доминантных видов. Изменение показателей ЭЦЗ и ИПР позволило выявить постепенный переход водорослевых группировок от агломераций через семиассоциации до сформированных альгосинузий. Полученные результаты исследования могут служить основанием для дальнейшего мониторинга городских почв.

Список литературы

1. Пивкин В. М., Чиндяева Л. Н. Экологическая инфраструктура сибирского города. Новосибирск : СИБПРИНТ, 2005. 193 с.
2. Бачура Ю. М. Почвенные водоросли и цианобактерии антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона). Чернигов : Десна Полиграф, 2016. 156 с.
3. Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л. : Наука, 1969. 228 с.
4. Некрасова К. А., Бусыгина Е. А. Некоторые уточнения к методу количественного учета почвенных водорослей // Ботанический журнал. 1977. Т. 62, № 2. С. 214–222.
5. Кабиров Р. Р., Шилова И. И. Почвенные водоросли свалок и полигонов твердых бытовых и промышленных отходов в условиях крупного промышленного города // Экология. 1990. № 5. С. 10–18.

6. Кабиров Р. Р. Альгосинузии луговых фитоценозов в окрестностях Назаровской ГРЭС // Ботанический журнал. 1992. Т. 77, № 12. С. 102–104.
7. Голлербах М. М., Матвиенко А. М., Николаев И. И. Жизнь растений : в 6 т. Водоросли, лишайники. М. : Просвещение, 1977. Т. 3. 487 с.
8. Гасель А. Г., Штина Э. А., Петрова Н. И. О Минусинских борах и распределении в них почвенных водорослей // Биологические науки. 1980. № 3. С. 86–95.
9. Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М. : Наука, 1984. 149 с.
10. Алексахина Т. И. Изменение почвенной альгофлоры сложных сосняков под влиянием рекреационных нагрузок // Природные аспекты рекреационного использования леса. М. : Наука, 1987. С. 126–137.
11. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М. : Наука, 1976. 144 с.
12. Аналитический обзор состояния окружающей природной среды в г. Новосибирске в 1995 г. / под ред. А. А. Даниленко, В. С. Чередниченко. Новосибирск, 1996. 100 с.
13. Маркова Г. И. Биомасса водорослей в некоторых типах растительности ущелья реки Варзоб : автореф. дис. канд. биол. наук. Душанбе, 1976. 24 с.
14. Хайбуллина Л. С., Суханова Н. В., Кабиров Р. Р. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий. Уфа : Гилем, 2011. 214 с.
15. Штина Э. А., Шилова И. И., Неганова Л. Б. Влияние дымо-газовой эмиссии на развитие водорослей в почве // Известия АН СССР. 1984. № 5. С. 58–64.
16. Ельшина Т. А. Почвенные водоросли как индикаторы некоторых видов техногенного загрязнения почвы на примере загрязнений, связанных с нефтедобычей : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киров, 1986. 16 с.
17. Новичкова-Иванова Л. Н. Почвенные водоросли фитоценозов Сахаро-Гобийской пустынной области. Л. : Наука, 1980. 255 с.
18. Гроссгейм А. А. Введение в геоботаническое обследование зимних пастбищ ССР Азербайджана // Труды по геоботанике. Обследование пастбищ ССР Азербайджана. Сер. А. 1929. Вып. 1. С. 69–75.

References

1. Pivkin V.M., Chindyaeva L.N. *Ekologicheskaya infrastruktura sibirskogo goroda = Ecological infrastructure of the Siberian city*. Novosibirsk: SIBPRINT, 2005:193. (In Russ.)
2. Bachura Yu.M. *Pochvennye vodorosli i tsianobakterii antropogenno-preobrazovannykh pochv (na primere Gomel'skogo regiona) = Soil algae and cyanobacteria of anthropogenic-transformed soils (by example of Gomel region)*. Chernigov: Desna Poligraf, 2016:156. (In Russ.)
3. Gollerbach M.M., Shtina E.A. *Pochvennye vodorosli = Soil algae*. Leningrad: Nauka, 1969:228. (In Russ.)
4. Nekrasova K.A., Busygina E.A. Some refinements to the method of quantitative accounting of soil algae. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1977;62(2):214–222. (In Russ.)
5. Kabirov R.R., Shilova I.I. Soil algae of landfills and landfills of solid household and industrial departments in a large industrial city. *Ekologiya = Ecology*. 1990;(5):10–18. (In Russ.)
6. Kabirov R.R. Algosynucia of meadow phytocenoses in the vicinity of Nazarovskaya GRES. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1992;77(12):102–104. (In Russ.)
7. Gollerbach M.M., Matvienko A.M., Nikolaev I.I. *Zhizn' rasteniy: v 6 t. Vodorosli, lishayniki = Plant life: in 6 volumes. Algae, lichens*. Moscow: Prosveshchenie, 1977;3:487. (In Russ.)

8. Gael' A.G., Shtina E.A., Petrova N.I. On the Minusinsk gods and the distribution of soil algae in them. *Biologicheskije nauki* = *Biological sciences*. 1980;(3):86–95. (In Russ.)
9. Aleksakhina T.I., Shtina E.A. *Pochvennye vodorosli lesnykh biogeotsenozov* = *Soil algae of forest biogeocenoses*. Moscow: Nauka, 1984:149. (In Russ.)
10. Aleksakhina T.I. Changes in the soil algaoflora of complex pine forests under the influence of recreational loads. *Prirodnye aspekty rekreatsionnogo ispol'zovaniya lesa* = *Natural aspects of recreational forest use*. Moscow: Nauka, 1987:126–137. (In Russ.)
11. Shtina E.A., Gollerbach M.M. *Ekologiya pochvennykh vodorosley* = *Ecology of soil algae*. Moscow: Nauka, 1976:144. (In Russ.)
12. Danilenko A.A., Cherednichenko V.S. (eds.). *Analiticheskiy obzor sostoyaniya okruzhayushchey prirodnoy sredy v g. Novosibirske v 1995 g.* = *Analytical review of the state of the natural environment in Novosibirsk in 1995*. Novosibirsk, 1996:100. (In Russ.)
13. Markova G.I. *Biomass of algae in some types of vegetation of the Varzob river gorge*. PhD abstract. Dushanbe, 1976:24. (In Russ.)
14. Khaybullina L.S., Sukhanova N.V., Kabirov R.R. *Flora i sintaksonomiya pochvennykh vodorosley i tsianobakteriy urbanizirovannykh territoriy* = *Flora and syntaxonomy of soil algae and cyanobacteria in urban areas*. Ufa: Gilem, 2011:214. (In Russ.)
15. Shtina E.A., Shilova I.I., Neganova L.B. Effect of dimo-gas emission on the development of Algae in the soil. *Izvestiya AN SSSR* = *Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR*. 1984;(5):58–64. (In Russ.)
16. El'shina T.A. *Soil algae as indicators of certain types of technogenic soil pollution using the example of pollution associated with oil production*. PhD abstract. Kirov, 1986:16. (In Russ.)
17. Novichkova-Ivanova L.N. *Pochvennye vodorosli fitotsenozov Sakharo-Gobiyskoy pustynnoy oblasti* = *Soil algae of phytocenoses of the Sahara-Gobi desert region*. Leningrad: Nauka, 1980:255. (In Russ.)
18. Grossgeym A.A. Introduction to a geobotanic examination of the winter pastures of the USSR Azerbaijan. *Trudy po geobotanike. Obsledovanie pastbishch SSR Azerbaydzhana. Ser. A* = *Proceedings on geobotany. Examination of pastures of the Azerbaijan SSR. Series A*. 1929;(1):69–75. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Жанна Филипповна Пивоварова

доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры биологии
и экологии, Новосибирский
государственный педагогический
университет (Россия, г. Новосибирск,
ул. Виллюйская, 28)

E-mail: pivovarova4117@mail.ru

Zhanna F. Pivovarova

Doctor of biological sciences, professor,
professor of the sub-department of biology
and ecology, Novosibirsk State
Pedagogical University (28 Vilyuiskaya
street, Novosibirsk, Russia)

Зульфира Зиннуровна Багаутдинова

младший научный сотрудник,
Институт цитологии и генетики
СО РАН (Россия, г. Новосибирск,
просп. Академика Лаврентьева, 10);
Новосибирский государственный
педагогический университет (Россия,
г. Новосибирск, ул. Виллюйская, 28)

E-mail: zulfir-a@yandex.ru

Zul'fira Z. Bagautdinova

Junior researcher, Institute of Cytology
and Genetics, Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences
(10 Akademika Lavrentyeva avenue,
Novosibirsk, Russia); Novosibirsk State
Pedagogical University (28 Vilyuiskaya
street, Novosibirsk, Russia)

Анастасия Геннадьевна Благодатнова

кандидат биологических наук,
доцент кафедры биологии и экологии,
Новосибирский государственный
педагогический университет (Россия,
г. Новосибирск, ул. Вилуйская, 28)

E-mail: ablagodatnova@yandex.ru

Anastasiya G. Blagodatnova

Candidate of biological sciences, associate
professor of the sub-department of biology
and ecology, Novosibirsk State
Pedagogical University (28 Vilyuiskaya
street, Novosibirsk, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 06.10.2022

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 29.11.2022

Принята к публикации / Accepted 08.12.2022