

Альгоиндикационная характеристика минеральных гидроморфных почв

© 2011. Л. В. Кондакова, к.б.н., зав. кафедрой,
Вятский государственный гуманитарный университет,
e-mail: ecolab@vshu.kirov.ru

Изучена реакция водорослей на изменение водного режима в ряду минеральных гидроморфных почв. Выделены виды-индикаторы водного режима почв разной степени оглеения. Дана экологическая характеристика альгофлоры.

The algae reaction of mineral hydromorphic soils on change of water regime was investigated. The species indicating water regime in soil of various degrees of gley are shown. Ecological characteristics of algaeflora is presented.

Ключевые слова: водоросли, оглеение, индикаторы

Key words: Algae, gley, indicators

Минеральные гидроморфные и мезогидроморфные почвы широко распространены и занимают огромные территории в гумидных ландшафтах России и за её пределами. Нередко представляя непрерывный ряд почв с разной степенью признаков гидроморфизма, они крайними вариантами соприкасаются с зональными автоморфными и болотными почвами, часто противоположными по своим свойствам [1]. Водоросли являются постоянным фототрофным компонентом почв. Одним из необходимых условий их жизнедеятельности является влажность почвы. Она определяет интенсивность развития водорослей, сезонную динамику численности и биомассы, а также состав и видовое богатство группировок водорослей [2, 3]. Действие почвенной влаги на водоросли может быть прямым и косвенным. Влажность почвы определяет её температуру, растворимость и концентрацию солей, рН почвенного раствора. В монографиях М. М. Голлербаха и Э. А. Штиной [2, 3] отмечаются особенности отношения разных групп водорослей к влажности среды.

Приспособления к недостаточному и неустойчивому увлажнению почвы выражаются у водорослей следующими особенностями:

1. Небольшие размеры клеток способствуют использованию водных плёнок на поверхности почвенных частиц, облегчают сорбцию веществ и обеспечивают лучшее передвижение и распространение в почве.

2. Образование слизи, состоящей из гидрофильных коллоидных полисахаридов, удерживающих большое количество воды. Способность коллоидных полисахаридов к набу-

ханию позволяет за несколько минут абсорбировать воду в количестве, превышающем объём клетки или колонии в 8–14 раз.

3. Отсутствие у большинства видов подвижных стадий или их приуроченность к влажному периоду.

4. Наличие спор и покоящихся стадий, помогающих переносить недостаток увлажнения.

5. Физиолого-биохимические свойства протопласта, заключающиеся в высокой вязкости и устойчивости протоплазмы против плазмолиза, повышенной концентрации клеточного сока, наличие достаточного количества связанной воды в клетке, большой сосущей силы, позволяющей использовать гигроскопическую влагу воздуха.

6. Гелефикация цитоплазмы, понижение интенсивности дыхания и обмена веществ и сохранение способности к саморегуляции позволяют клеткам быстро переходить из жизнедеятельного состояния в жизнеспособное и наоборот. Засухоустойчивость водорослей различна в разных отделах. Отмечено, что наименее засухоустойчивыми являются диатомеи и жёлтозелёные водоросли.

Наиболее устойчивы против недостатка влаги и высыхания синезелёные нитчатые водоросли порядка *Oscillatoriales* и зелёные порядка *Chlorosarcinales*. Менее устойчивы виды порядков *Nostocales*, *Chlamydomonadales*, *Heterococcales*. Наличие в почве плёночно-гравитационной воды показывают гидрофильные зелёные водоросли порядков *Mesotaeniales* и *Desmidiiales*, синезелёные из порядка *Chroococcales*, крупные диатомеи [4].

По мнению Э. А. Штиной и М. М. Голлербаха [5], несмотря на космополизм большинства видов почвенных водорослей и значительную долю убиквистов среди них, можно подобрать индикаторные виды, наличие которых в почве говорит об определённых её свойствах.

Изучение почвенных водорослей как индикаторов водного режима выработанных торфяников проведено Е. А. Бусыгиной [6]. Стационарное и лабораторные исследования экологических рядов по влажности подтвердили вывод о ведущем влиянии влажности почвы на характер альгосинузии и приуроченность отдельных видов водорослей к определённым условиям увлажнения (табл. 1).

Влияние влажности чётко сказывается на сезонных изменениях численности и биомассы водорослей, что подтверждено большинством исследований. Оценивая динамику водорослей по их биомассе, Л. И. Домрачева [7] и Г. И. Маркова [8] показали, что лимит влаги отражается как на биомассе, так и на месячной и сезонной продукции водорослей. Пики биомассы и количества водорослей совпадают с максимальной влажностью почвы. Однако в условиях постоянного остаточного увлажнения этот фактор перестаёт играть решающую роль, и развитие водорослей определяется взаимодействием с другими педобионтами.

Цель исследования: выявление видов водорослей – индикаторов водного режима минеральных гидроморфных почв.

Объекты и методы

Исследования альгофлоры оглеённых почв с естественным водным режимом проведены на трёх стационарах Кировской области: «Ивакинские пашни» (Котельничский район), «Коробовские пашни», «Перекоп» (Кирово-Чепецкий район). Почвообразующей по-

родой является элювий коренных пермских отложений. Заболачивание обусловлено поверхностными водами.

Отбор почвенных проб и их анализ проводили с соблюдением требований, принятых в почвенно-альгологических исследованиях. Определение видового состава проводили методом водных и чашечных культур со стёклами обрастания, прямым микроскопированием свежевзятой почвы. Для характеристики группировок водорослей использовали следующие критерии [5]: видовой состав; доминантные виды; спектр жизненных форм; встречаемость отдельных видов или групп водорослей; специфические виды, численность и биомассу водорослей.

Результаты и обсуждение

Альгофлора в гидроморфных минеральных почвах достаточно разнообразна. На стационаре «Ивакинские пашни» выявлено 132 вида водорослей, в почвах стационара «Перекоп» – 87 видов, в стационаре «Коробовские пашни» – 55 видов (табл. 2). При изучении почв с естественным водным режимом отмечены общие закономерности развития водорослей на почвах разной степени оглеения [9, 10]. Так, от неоглеённой почвы к глеевой увеличивается общее видовое разнообразие водорослей (табл. 2). Положительную реакцию на увеличение влажности почвы проявляют синезелёные водоросли, в меньшей степени – зелёные и жёлтозелёные. При этом в почвах стационара «Ивакинские пашни» число видов *Cyanophyta* в неоглеённой почве составляло 20, в глеевой – 34; представителей отдела *Chlorophyta* – 28 и 36; *Xanthophyta* и *Eustigmatophyta* – 15 и 18 соответственно.

В глеевых почвах стационара «Коробовские пашни» в силу переувлажнения в весенний период наблюдали более насыщенные плёнки

Таблица 1

Виды водорослей, специфичные для участков различного увлажнения [6]

| | Увлажнение | | |
|----------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | слабое (40%) | среднее (60%) | сильное (80%) |
| <i>Nostoc calcicola</i> | | <i>Phormidium valderinae</i> | <i>Gloeocapsa minima</i> |
| <i>Chlorosarcinopsis minor</i> | | <i>Phormidium corium</i> | <i>Gloeocapsa minuta</i> |
| <i>Actinochloris sphaerica</i> | | <i>Phormidium boryanum</i> | <i>Cylindrospermum majus</i> |
| <i>Dictyococcus irregularis</i> | | <i>Phormidium nitens</i> | <i>Oscillatoria splendida</i> |
| <i>Spongiococcum tetrasporum</i> | | <i>Dispora crucigenoides</i> | <i>Oscillatoria amoena</i> |
| <i>Characiopsis minutissima</i> | | <i>Tribonema ulotrichoides</i> | <i>Oscillatoria limosa</i> |
| <i>Pleurochloris pyrenoidosa</i> | | <i>Bumilleria sicula</i> | <i>Tetraëdron minimum</i> |
| <i>Navicula pelliculosa</i> | | <i>Navicula mutica</i> | <i>Nitzschia palea</i> |

Таблица 2

Видовой состав альгофлоры гидроморфных почв (1 – число видов, 2 – процент)

| Почва, стационар | Cyanophyta | | Chlorophyta | | Xanthophyta + Eustignmatophyta | | Bacillariophyta | | Всего | |
|---------------------------------------|------------|------|-------------|------|--------------------------------|------|-----------------|------|-------|-----|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| «Ивакинские пашни» | | | | | | | | | | |
| Дерново-подзолистая неоглеенная | 20 | 28,2 | 28 | 39,4 | 15 | 21,1 | 8 | 11,3 | 71 | 100 |
| Дерново-подзолистая глубокоооолеённая | 20 | 28,6 | 28 | 40 | 14 | 20 | 7 | 10 | 70 | 100 |
| Дерново-подзолистая глееватая | 29 | 32,2 | 34 | 38,9 | 18 | 20 | 8 | 8,9 | 89 | 100 |
| Дерново-перегнойная глеевая | 34 | 35,8 | 36 | 37,9 | 18 | 18,9 | 7 | 7,4 | 95 | 100 |
| «Перекоп» | | | | | | | | | | |
| Дерново-подзолистая неоглеённая | 25 | 58,1 | 10 | 23,3 | 5 | 11,6 | 3 | 7 | 43 | 100 |
| Дерново-подзолистая глееватая | 19 | 61,3 | 7 | 22,6 | 2 | 6,4 | 3 | 9,7 | 31 | 100 |
| Дерново-перегнойная глеевая | 26 | 56,5 | 12 | 26,1 | 4 | 8,4 | 4 | 8,7 | 46 | 100 |
| «Корововские пашни» | | | | | | | | | | |
| Дерново-подзолистая неоглеённая | 4 | 36,4 | 4 | 36,4 | 0 | 0 | 3 | 27,2 | 11 | 100 |
| Дерново-подзолистая глееватая | 5 | 33,3 | 5 | 33,3 | 1 | 6,7 | 4 | 26,7 | 15 | 100 |
| Дерново-перегнойная глеевая | 9 | 19,6 | 20 | 43,5 | 10 | 21,7 | 7 | 15,2 | 46 | 100 |

«цветения», а также застой воды, анализ которой выявил ряд видов водной флоры: *Stigeoclonium sp.*, *Zygnema sp.*, *Synura uvella* и др.

При переходе от глееватой к глеевой почве изменение водного режима приводит к коренной перестройке сообществ водорослей. Индикаторными видами избыточного увлажнения минеральных почв являются: *Cylindrospermum stagnale*, *C. majus*, *Calothrix gracilis*, *C. elenkinii*, *Pseudanabaena galeata*, *Trichromus variabilis*, *Nitzschia palea*, *Euglena mutabilis*, *Closterium pusillum*, *Cosmarium anceps*, *C. cucurbita*, *C. subcrenatum*.

Согласно классификации М. М. Голлербаха и Э. А. Штиной [2, 3], все встречающиеся в почвах виды водорослей могут быть распределены по трём группам:

1. Эдафотфильные, истинно почвенные водоросли;

2. Амфибиальные, встречающиеся в почвах хотя бы временно переувлажнённых;

3. Гидрофильные, встречаются в почвах в случае застоя воды на их поверхности.

Оптимальная влажность почвы для жизни большинства почвенных водорослей умеренного климата лежит в пределах 60–80% от полной влагоёмкости, что совпадает с оптимальной влажностью для высших мезофильных растений.

Экологический анализ альгофлоры показал, что в гидроморфных почвах стационара «Ивакинские пашни» ведущее значение имеют представители С-, Ch- и X-жизненных форм (табл. 3). Эти одноклеточные, колони-

Таблица 3

Экологический анализ альгофлоры гидроморфных минеральных почв

| Почвы | Формула экибиоморф |
|---------------------------------------|---|
| «Ивакинские пашни» | |
| Дерново-подзолистая неоглеённая | $C_{19} (CF_8) Ch_{12} X_{10} P_{10} B_8 H_6 amph_{.2} hydr_{.2} M_2$ |
| Дерново-подзолистая глубоко оглеённая | $C_{23} (CF_{11}) Ch_{12} X_{10} P_8 B_7 H_5 amph_{.2} hydr_{.2} M_1$ |
| Дерново-подзолистая глееватая | $C_{26} (CF_{15}) Ch_{15} X_{14} P_{12} H_9 B_8 amph_{.2} hydr_{.2} M_1$ |
| Дерново-перегнойная глеевая | $C_{26} (CF_{17}) X_{14} hydr_{.13} Ch_{12} P_{12} H_7 B_7 amph_{.3} M_1$ |
| «Перекоп» | |
| Дерново-подзолистая неоглеённая | $P_{15} C_9 (CF_7) X_7 Ch_3 H_3 B_3 M_1 hydr_{.1}$ |
| Дерново-подзолистая глееватая | $P_{11} C_8 (CF_6) X_3 Ch_3 B_3 H_2 M_1 hydr_{.1}$ |
| Дерново-глеевая | $C_{14} (CF_{11}) P_{10} Ch_9 X_5 B_4 hydr_{.4} H_2 M_1$ |
| «Корововские пашни» | |
| Дерново-подзолистая неоглеённая | $C_3 (CF_2) B_3 H_2 P_1 Ch_1 X_{10} M_1$ |
| Дерново-подзолистая глееватая | $C_6 (CF_3) B_4 H_2 P_1 Ch_1 M_1$ |
| Дерново-глеевая | $C_{11} (CF_4) H_9 B_8 X_6 hydr_{.5} P_3 Ch_2 amph_{.1} M_1$ |

Таблица 4

Встречаемость водорослей в почвах разной степени оглеения стационара «Ивакинские пашни»

| Виды водорослей | Процент встречаемости в почвах: | | | |
|---|---------------------------------|-------------------|-----------|---------|
| | неоглеённая | глубоко-оглеённая | глееватая | глеевая |
| Встречаемость не изменяется | | | | |
| <i>Microcoleus vaginatus</i> | 40 | 50 | 50 | 50 |
| <i>Chlamydomonas gloeogama f. gloeogama</i> | 20 | 37,5 | 40 | 37,5 |
| <i>Chlorococcum humicola</i> | 70 | 50 | 60 | 62,5 |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | 30 | 37,5 | 40 | 37,5 |
| <i>Chlorosarcinopsis minor</i> | 10 | 12,5 | 20 | 12,5 |
| <i>Klebsormidium flaccidum var. flaccidum</i> | 20 | 12,5 | 20 | 25 |
| <i>Botrydiopsis arhiza</i> | 20 | 12,5 | 20 | 25 |
| <i>Eustigmatos magnus</i> | 50 | 75 | 60 | 50 |
| <i>Pleurochloris pyrenoidosa</i> | 20 | 37,5 | 20 | 25 |
| <i>Xanthonema exile</i> | 40 | 25 | 40 | 37,5 |
| <i>Hantzschia amphioxys</i> | 100 | 87,5 | 100 | 87,5 |
| Встречаемость увеличивается | | | | |
| <i>Calothrix elenkinii</i> | 0 | 0 | 10 | 37,5 |
| <i>Nostoc muscorum</i> | 20 | 25 | 30 | 75 |
| <i>N. paludosum</i> | 10 | 12,5 | 10 | 37,5 |
| <i>Phormidium aerugineo-coerulea</i> | 10 | 12,5 | 20 | 25 |
| <i>Trichromus variabilis</i> | | 12,5 | 10 | 50 |
| <i>Chlamydomonas atactogama</i> | 10 | 12,5 | 10 | 62,5 |
| <i>Characiopsis minuta</i> | 10 | 12,5 | 10 | 25 |
| <i>Bumilleria klebsiana</i> | 10 | 10 | 10 | 50 |
| <i>Nitzschia palea</i> | 10 | 25 | 30 | 50 |
| Встречаемость уменьшается | | | | |
| <i>Cylindrospermum licheniforme</i> | 70 | 62,5 | 90 | 12,5 |
| <i>Nostoc punctiforme</i> | 50 | 37,5 | 60 | 25 |
| <i>Phormidium autumnale</i> | 50 | 37,5 | 50 | 25 |
| <i>Ph. corium</i> | 50 | 25 | 40 | 0 |
| <i>Planktosphaera maxima</i> | 50 | 62,5 | 20 | 12,5 |
| <i>Bumilleriopsis brevis</i> | 50 | 37,5 | 30 | 12,5 |
| <i>Pinnularia intermedia</i> | 20 | 25 | 10 | 0 |
| <i>Luticola mutica</i> | 50 | 50 | 80 | 25 |

альные и нитчатые водоросли, обитающие как в толще почвы, так и на её поверхности, при благоприятных условиях формируют тонкие слизистые плёнки, часто образованные азотфиксирующими видами. Устойчивы к неблагоприятным условиям. В ряду оглеённых почв (от неоглеённой к глеевой) растёт число гидрофильных видов. В глеевой почве их число увеличивается в 6,5 раза по сравнению с неоглеённой почвой. С увеличением оглеения растёт число азотфиксирующих видов [9 – 10].

В почвах стационара «Перекоп» в составе жизненных форм преобладают представители Р-, С-, Х-форм. С увеличением оглеения растёт число гидрофильных и азотфиксирующих видов и видов, устойчивых к неблагоприятным условиям (Сh-форм). В то же время снижается видовое разнообразие представителей Р-формы, представленных нитевидными синезелёными водорослями, обладающими ксероморфной структурой.

Экологический анализ почв стационара «Коробовские пашни» подтвердил отмеченные на других стационарах закономерности: увеличение видового разнообразия от неоглеённой к глеевой почве, рост числа азотфиксаторов, диатомей и зелёных нитчаток.

Интерес представляет встречаемость видов (табл. 4). Встречаемость выражается частотой нахождения особей вида в процентах ко всему числу изученных проб. Встречаемость водорослей в гидроморфных почвах от-

ражает адаптированность видов флоры к конкретным условиям влажности.

Анализ встречаемости выявил 2 группы видов альгофлоры по отношению к влажности:

1. Виды, не чувствительные к изменению влажности в пределах гидроморфного ряда;

2. Чувствительные к изменению влажности.

У ряда видов встречаемость от неоглеённой почвы к глеевой растёт, у других – уменьшается.

Данное наблюдение дополняет имеющиеся литературные данные о приуроченности видов альгофлоры к определённому водному режиму почв.

Индикаторами состояния водного режима почв могут являться макроскопические разрастания водорослей на поверхности почвы – её «цветение». При «цветении» почвы возможно определение видового состава путём прямого микроскопирования плёнок. Наличие видов в составе наземного фототрофного сообщества свидетельствует об их активной жизнедеятельности и функционировании [11]. В дерново-подзолистых почвах «цветение» по данным разных авторов вызывали: *Chlamydomonas sp.*, *Luticola mutica*, *Hantzschia amphioxys* [12]; *Klebsormidium flaccidum*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum sp.* [13]; *Nostoc punctiforme*, *Cylindrospermum licheniforme*, *Phormidium autumnale*, *Plectonema edaphicum* [14]. В аллювиальной дер-

Таблица 5

«Цветение» гидроморфных почв

| Почвы | Доминанты «цветения» |
|--------------------------------------|---|
| «Ивакинские пашни» | |
| Дерново-подзолистая неоглеённая | <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Phormidium corium</i> , <i>Klebsormidium flaccidum</i> , <i>Eustigmatos magnus</i> , <i>Luticola mutica</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> |
| Дерново-подзолистая глубокооглеённая | <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Luticola mutica</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Navicula pelliculosa</i> |
| Дерново-подзолистая глееватая | <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Luticola mutica</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Eustigmatos magnus</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama f.gloeogama</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> |
| Дерново-перегнойная глеевая | <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Trichromus variabilis</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama f.gloeogama</i> , <i>Nitzschia palea</i> |
| «Коробовские пашни» | |
| Дерново-подзолистая неоглеённая | <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Phormidium corium</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Klebsormidium flaccidum var. flaccidum</i> , <i>Luticola mutica</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> |
| Дерново-подзолистая глееватая | <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Klebsormidium flaccidum</i> , <i>Luticola mutica</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Trichromus variabilis</i> |
| Дерново-глеевая | <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Trichromus variabilis</i> , <i>Pseudanabaena catenata</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Nitzschia palea</i> |

новой почве – *Nostoc sphaeroides*, *Phormidium autumnale*, *Ph. tenue*, *Ph. uncinatum* [13]; *Nostoc sphaeroides*, *Phormidium autumnale*, *Ph. ambigum*, *Lyngbya martensiana*, *Microcoleus vaginatus* [15].

Нами изучено «цветение» оглеённых почв на стационарах «Ивакинские пашни» и «Коробовские пашни» (табл. 5).

В почвах гидроморфного ряда стационара «Ивакинские пашни» проведено изучение численности и биомассы водорослей. Минимум численности водорослей во все сроки наблюдения отмечен в глеевой почве. Численность водорослей в неоглеённой почве в слое 0–5 см составляла 13,5–51,6 тыс. клеток в 1 г абс. сух. почвы; в глееватой – 54,2–86,9 тыс.; в глеевой – 9,1–33,3 тыс. клеток/г. Максимум численности во все сроки наблюдения имела глееватая почва. Подобную картину наблюдала Э. А. Штина [16]: численность водорослей в средней части склона (дерново-подзолистая почва под рожью) в 2–3 раза превышала соответствующие показатели верхней части склона и нижней его части.

Заключение

В ряду оглеённых почв изменяется характер группировок почвенных водорослей. С увеличением степени оглеения увеличивается видовое разнообразие водорослей, при этом растёт число гидрофильных видов и азотфиксаторов. По показателю встречаемости выявлены группы видов водорослей с широкой и узкой толерантностью по отношению к влажности. Перестройка состава альгофлоры происходит в глеевой почве. В неоглеённой, глубокооглеённой и глееватой почвах комплекс доминирующих видов представлен эдафотрофными сообществами, в глеевой почве в состав доминантов включаются гидрофильные виды. Индикаторными видами избыточного увлажнения минеральных почв являются: *Cylindrospermum stagnale*, *C. majus*, *Calothrix gracilis*, *C. elenkinii*, *Pseudanabaena galeata*, *Trichromus variabilis*, *Nitzschia palea*, *Euglena mutabilis*, *Closterium pusillum*, *Cosmarium anceps*, *C. cucurbita*, *C. subcrenatum*.

Литература

1. Зайдельман Ф.Р. Подзоло- и глееобразование. М.: Наука, 1974. 207 с.
2. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.
3. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.
4. Штина Э.А., Зенова Г.М., Манучарова Н.А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.
5. Штина Э.А., Голлербах М.М. Принципы и методы использования почвенных водорослей для биоиндикации // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. М.: МГУ, 1980. С. 75–84.
6. Бусыгина Е.А. Развитие почвенных водорослей на мелиорированных выработанных торфяниках в зависимости от их водного режима: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Л. 1976. 19 с.
7. Домрачева Л.И. Продукция водорослей в дерново-подзолистой почве, определённая при ежесуточном счёте // Динамика микробиологических процессов в почве и обуславливающие её факторы. Таллин. 1974. Ч. 1. С. 161–163.
8. Маркова Г.И. Биомасса почвенных водорослей в некоторых типах растительности ущелья реки Варзоб. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Душанбе, 1976. 25 с.
9. Кондакова Л.В. Изменение сообществ почвенных водорослей при мелиорации дерново-подзолистых почв. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л. 1984. 16 с.
10. Кондакова Л.В. Альгологический мониторинг пахотных дерново-подзолистых оглеённых почв в оценке эффективности агро-мелиоративных мероприятий // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 2. С. 50–57.
11. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар. 2005. 336 с.
12. Куликова Р.М. «Цветение» торфяно-болотных почв // Почвоведение. 1965. № 2. С. 63–67.
13. Штина Э.А. Водоросли дерново-подзолистых почв и их роль в почвенных процессах. Дис. ... докт. биол. наук. М. 1955. 525 с.
14. Помелова Г.И. Динамика почвенных водорослей в севообороте. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь. 1971. 18 с.
15. Носкова Т.С. Сообщества водорослей некоторых почв Кировской области. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Горький. 1968. 19 с.
16. Штина Э.А. Водоросли дерново-подзолистых почв Кировской области // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. 1959. Сер. 2. Вып. 2. С. 36–141.