

М. Е. Игнатенко

Т. Н. Яценко-Степанова

О. Г. Калмыкова

К флоре водорослей некоторых памятников природы Оренбургской области

Изучена альгофлора 7 водоемов и водотоков особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Оренбургской области (Оренбургское лесостепное Заволжье — Северный, Абдулинский, Бугурусланский районы). Выявлено 193 видовых и внутривидовых таксона водорослей, принадлежащих 7 отделам (Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Charophyta, Ochrophyta, Miozoa (Dinophyceae), Cyanobacteria), 12 классам, 30 порядкам, 57 семействам и 109 родам. Обнаружены 19 новых для альгофлоры Оренбургской области видов и разновидностей водорослей (Bacillariophyta — 10 таксонов рангом ниже рода, Chlorophyta — 5, Charophyta — 2, Euglenophyta — 2). Установлена значительная степень специфичности альгофлоры исследуемых водных объектов. По результатам сапробиологического анализа водоемы и водотоки ООПТ Оренбургского лесостепного Заволжья относятся к I—III классу качества вод — от предельно чистых до удовлетворительной чистоты.

Ключевые слова: водоемы, водотоки, водоросли, биоразнообразие, особо охраняемые природные территории, Оренбургская область.

Изучение и сохранение биологического разнообразия — одна из актуальных проблем современности. В условиях возросшей антропогенной нагрузки вопросы эффективного природопользования и охраны природных ресурсов привлекают все большее внимание исследователей из разных областей науки. Одной из стратегий сохранения биоразнообразия является выделение особо охраняемых природных территорий (ООПТ) [11]. Статус ООПТ предполагает проведение мониторинговых работ по оценке состояния уникальных природных комплексов и объектов, в том числе инвентаризацию биоразнообразия, позволяющую оценить действенность обеспечения режима охраны [22]. Результаты подобных исследований нередко позволяют получить новые сведения о биоразнообразии не только конкретного объекта, но и региона в целом.

На территории Оренбургской области функционирует обширная сеть ООПТ федерального и регионального значения. Ранее ботанические исследования на ООПТ области включали преимущественно изучение разнообразия флоры высших сосудистых растений [9; 12; 23], тогда как водоросли долгое время оставались без внимания, несмотря на то что они имеют важное экологическое значение и являются не только первичным продуцентом органического вещества, но и качественным информативным показателем, отражающим весь спектр природных и антропогенных процессов, протекающих в водоеме [30—34].

Первые альгофлористические работы в рамках ООПТ региона были начаты в 2012 г. при исследовании гидрологического и бальнеологического памятника природы «Тузлук-кольские грязи» [10; 26; 27] и оставались к настоящему моменту единственными. Все вышесказанное определило необходимость продолжения альгофлористических исследований водоемов ООПТ Оренбургской области и расширения их географии.

Цель данной работы — изучить разнообразие альгофлоры и оценить экологическое состояние водоемов и водотоков некоторых памятников природы Оренбургской области (Оренбургское лесостепное Заволжье — Северный, Абдулинский, Бугурусланский районы).

© Игнатенко М. Е., Яценко-Степанова Т. Н., Калмыкова О. Г., 2020

Материалы и методы исследования

Объектом исследования послужили качественные и количественные пробы воды, отобранные из водоемов (пруд на ручье Жмакинский, пруд на ООПТ «Аксаковский парк») и водотоков (реки Курмейка, Родниковка, Секретарка, ручей Кузьминка, родник на ООПТ «Лесопосадки А. Н. Карамзина на Белом Хуторе»), расположенных на территории 6 памятников природы регионального значения, в летний период 2018 г. (рис. 1, табл. 1).

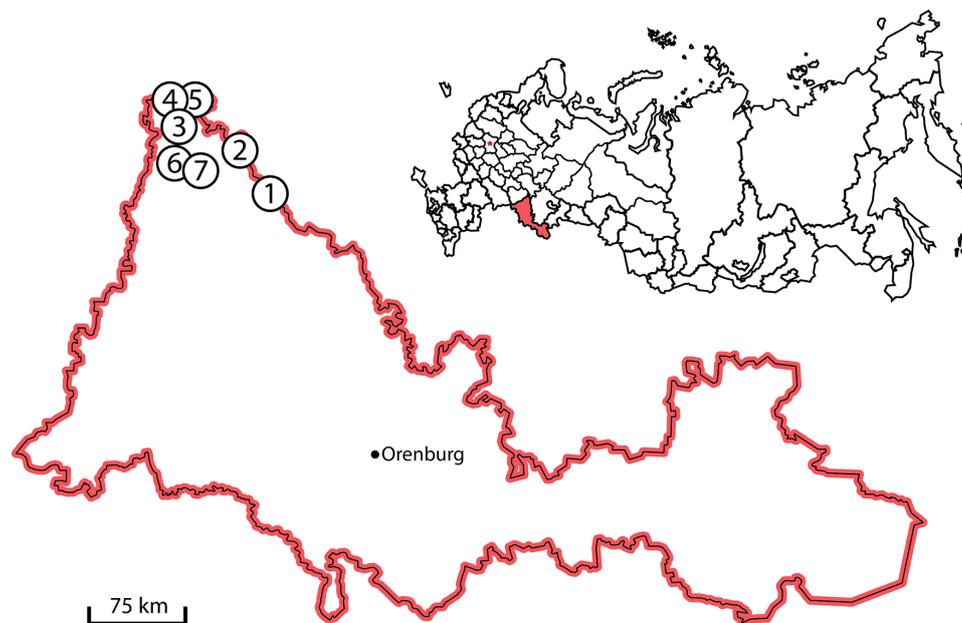


Рис. 1. Карта расположения исследуемых водных объектов на территории некоторых памятников природы Оренбургского лесостепного Заволжья: 1 — р. Курмейка; 2 — р. Родниковка; 3 — р. Секретарка; 4 — руч. Кузьминка; 5 — пруд на руч. Жмакинский; 6 — пруд; 7 — родник

Таблица 1

Краткая характеристика объектов исследования

| Водный объект | ООПТ, местоположение | Географические координаты | Длина, м | Ширина в точке отбора проб, м | Глубина в точке отбора проб, м |
|--------------------------|---|----------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|
| Река Курмейка | Геологический памятник природы регионального значения «Нижекурмейский утес», Абдулинский район | 53.534192 N 53.930133 E | 19000,0 | 2,0 | 0,15 |
| Река Родниковка | Гидрогеологический, геологический памятник природы регионального значения «Висячие источники Родниковки», Абдулинский район | 53.981697 N 53.491675 E | 16000,0 | 3,5 | 0,2 |
| Река Секретарка | Геологический памятник природы регионального значения «Овраг и родник Лей-Латка (Прямой овраг)», Северный район | 54.140539 N 52.824447 E | — | 2,0 | 0,07–0,1 |
| Ручей Кузьминка | Гидролого-ихтиологический памятник природы регионального значения «Ручей Кузьминка с притоками — Жмакинский ручей и Грековский дол», Северный район | 54.271506 N 52.790278 E | — | 1,5 | 0,2–0,3 |
| Пруд на ручье Жмакинский | | 54.268286 N 52.819897 E | 14,0 | 11,0 | 2,0–3,0 |
| Пруд | Ландшафтный памятник природы, исторический мемориал регионального значения «Аксаковский парк», Бугурусланский район | 53.865517 N 52.632469 E | 68,0 | 35,0 | 0,2–0,25 |

Продолжение табл. 1

| Водный объект | ООПТ, местоположение | Географические координаты | Длина, м | Ширина в точке отбора проб, м | Глубина в точке отбора проб, м |
|---------------|--|----------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|
| Родник | Лесокультурный памятник природы регионального значения «Лесопосадки А. Н. Карамзина на Белом Хуторе», Бугурусланский район | 53.694797 N 52.896275 E | — | 1,5 | 0,15 |

Примечание: «—» — данные отсутствуют.

Отбор альгологических проб ввиду малой глубины исследуемых водоемов и водотоков проводили путем зачерпывания воды из верхних горизонтов. Водоросли исследовали в живом и фиксированном (40%-ным раствором формалина) состоянии с помощью световых микроскопов AxioStar plus, Axioskop (Carl Zeiss, Germany). Микрофотографии водорослей выполнены с использованием фазово-контрастной микроскопии с помощью цифровой фотокамеры AxioCam (Carl Zeiss, Germany) при увеличении $\times 1000$. Для изучения диатомовых водорослей использовали метод холодного сжигания [3] с последующим заключением очищенных от органического вещества панцирей диатомей в канадский бальзам.

При идентификации водорослей использовали определители [15; 20; 39; 41]. Таксономия и номенклатура приведены по базе данных Algaebase [35]. Количественное развитие водорослей оценивали методом прямого счета в камере Нажотта (Assistent, Germany) объемом 1,25 мм³. Частоту встречаемости видов оценивали по шестибальной шкале Кордэ: «единично» — 1—5 клеток в препарате, «редко» — 10—15 клеток в препарате, «нередко» — 25—30 клеток в препарате, «часто» — 1 клетка в каждом ряду, «очень часто» — несколько клеток в ряду, «масса» — в каждом поле зрения [4]. Доминирующие виды определяли по индексу доминирования Палия — Ковнацки [24]. Степень флористического сходства альгофлоры исследуемых водных объектов оценивали по величинам коэффициентов общности видового состава Сёренсена (Ks) и корреляции Пирсона [14]. По корреляционным матрицам был построен чертеж-граф, в котором отражена степень корреляционной связи [14]. Доверительную оценку коэффициента корреляции проводили по t-критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$. Расчеты проводили с помощью программы «корреляционный анализ» в составе пакета программ Statistika 6,0 for Windows XP 2003. Для определения сапробности вод использовали метод Пантле — Бука в модификации Сладечека [45]. Класс качества воды устанавливали согласно критериям, представленным в работах С. С. Бариновой и др. [5; 30; 31].

Результаты и обсуждение

В целом альгофлора исследуемых водоемов и водотоков ООПТ Оренбургского лесостепного Заволжья представлена 193 видами и разновидностями водорослей, принадлежащих 7 отделам, 12 классам, 30 порядкам, 57 семействам и 109 родам. Наибольшим богатством отличался отдел Bacillariophyta, включающий 95 видовых и внутривидовых таксонов, что соответствует 49,2% от общего числа таксонов рангом ниже рода. Вторым по числу видов, разновидностей и форм водорослей был отдел Chlorophyta (46 видовых и внутривидовых таксонов, 23,8%). Затем следовали Cyanobacteria (9,9%) и Euglenophyta (8,8%). Доля представителей трех других отделов составила лишь 8,3% от общего числа таксонов рангом ниже рода (Charophyta — 7 видов, Ochrophyta — 5, Miozoa (Dinophyceae) — 4 видовых и внутривидовых таксона).

Подобное распределение крупных таксономических единиц в составе альгофлоры, а именно ведущее положение четырех указанных выше отделов, является характерной чертой большинства пресноводных водоемов и водотоков европейской территории России [18], Украины [8; 46], Польши [33; 40; 43], Британских островов [36], Турции [42; 44], Индии [37; 38], Китая [29; 47] и т.д.

По уровню количественного развития водорослей, их видовому богатству, доминирующим формам исследуемые водные объекты значительно отличались друг от друга (табл. 2, рис. 2).

Таблица 2

Структурно-функциональные показатели альгофлоры и экологическое состояние водоемов и водотоков ООПТ Оренбургского лесостепного Заволжья

| Водный объект | Таксономическое разнообразие, число таксонов рангом ниже рода | | | | | | | | Доминирующие виды | Общая численность, тыс. кл/л | Индекс сапробности | Состояние водных экосистем (по [30; 31]) | | |
|---------------|---|-------------|---------------|--------------|------------|------------|----------------------|-------|---|------------------------------|--------------------|--|--------------------|---------------------------------|
| | Bacillariophyta | Chlorophyta | Cyanobacteria | Euglenophyta | Charophyta | Ochrophyta | Miozoa (Dinophyceae) | ВСЕГО | | | | Разряд качества вод | Класс качества вод | Зона кризисности экосистемы |
| 1 | 59 | 4 | 5 | 3 | 2 | — | — | 73 | <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère, <i>U. biceps</i> (Kützing) Compère, <i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst, <i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki, <i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D. M. Williams & Round | 30374,4 | 1,96 | 3а | III | самоочищение до природного фона |
| 2 | 25 | 6 | 2 | 3 | 1 | 1 | — | 38 | <i>Diatoma vulgaris</i> Bory, <i>U. ulna</i> , <i>Chlamydomonas leiostraca</i> (Strehlow) H. Ettl | 95,2 | 2,15 | 3б | III | угроза |
| 3 | 16 | — | — | — | — | — | — | 16 | <i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot, <i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh | 400,4 | 1,25 | 2б | II | природно-чистые воды |
| 4 | 31 | 6 | 2 | 2 | 1 | — | — | 42 | <i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, <i>U. ulna</i> | 144,8 | 1,94 | 3а | III | самоочищение до природного фона |
| 5 | 9 | 3 | 1 | 1 | — | 1 | — | 15 | <i>Chlorococcum</i> sp. | 453,6 | 1,78 | 3а | III | самоочищение до природного фона |
| 6 | 22 | 36 | 14 | 13 | 4 | 3 | 4 | 96 | <i>Merismopedia minima</i> G. Beck | 153528,8 | 1,94 | 3а | III | самоочищение до природного фона |
| 7 | 7 | — | — | — | — | — | — | 7 | <i>M. circulare</i> , <i>Odontidium mesodon</i> (Kützing) Kützing | 168,0 | 0,39 | 1 | I | природно-чистые воды |

Примечание: обозначения 1—7 — см. табл. 1; классы качества вод: I — предельно чистая, II — чистая, III — удовлетворительной чистоты; разряд качества вод: 1 — предельно чистая, 2б — вполне чистая, 3а — достаточно чистая, 3б — слабозагрязненная.

Наибольшими показателями видового богатства и количественного развития выделялась флора водорослей **пруда**, расположенного на территории памятника природы «Аксаковский парк». В составе альгофлоры водоема обнаружено 96 таксонов рангом ниже рода, среди которых наивысшим разнообразием характеризовались Chlorophyta (36 ви-

дов и разновидностей) (табл. 2). Однако в количественном отношении преобладали *Cyanobacteria* (98,4% от общей численности водорослей) за счет массовой вегетации *Merismopedia minima* G. Beck (70,1% от общей численности), а также существенного развития *Coelosphaerium dubium* Grunow (6,6%), *Merismopedia tenuissima* Lemmermann (4,8%), *Anagnostidinema amphibium* (C. Agardh ex Gomont) Strunecký, Bohunická, J. R. Johansen & J. Komárek (3,9%), *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing (3,0%), *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli (2,8%), *Microcystis pulverea* (H. C. Wood) Forti (2,0%). Повышенный вклад *Cyanobacteria* в количественные показатели развития фитопланктона ряд отечественных и зарубежных авторов расценивают как тревожный признак, свидетельствующий о повышенной эвтрофикации водоема [25; 28; 33].

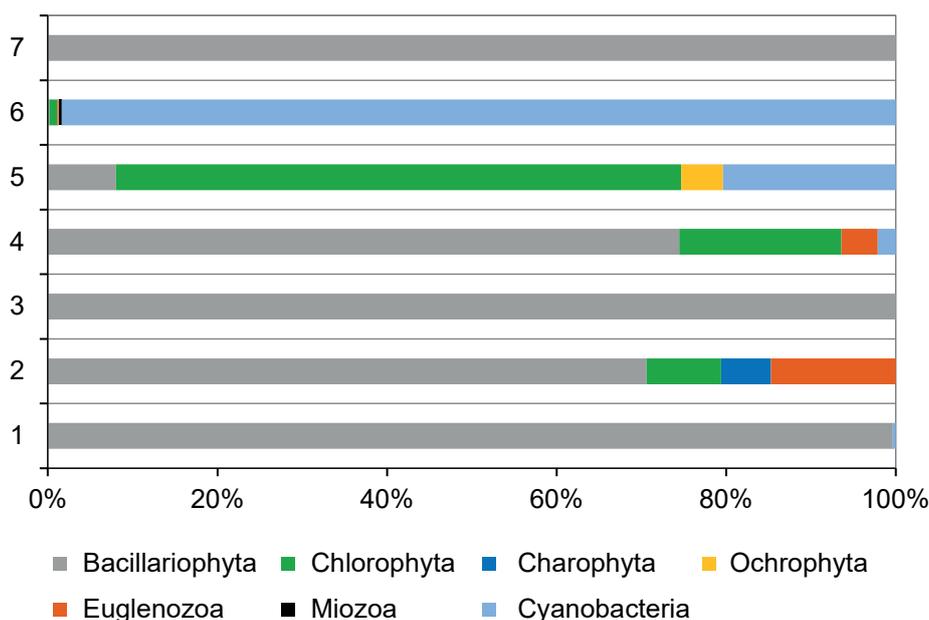


Рис. 2. Количественные показатели развития водорослей в водоемах и водотоках ООПТ Оренбургского лесостепного Заволжья. Обозначения 1—7 — см. табл. 1

Не менее разнообразно была представлена флора водорослей **реки Курмейка**, в составе которой отмечено 73 видовых и внутривидовых таксона с выраженным, как и в альгофлоре большинства систем лотического типа [13; 18; 19; 32], доминированием *Bacillariophyta* (табл. 2).

Меньшим флористическим разнообразием характеризовались водоросли из планктона **ручья Кузьминка** и **реки Родниковка**, где также основной вклад в структуру и количественные показатели развития альгоценозов вносили диатомовые водоросли (табл. 2).

Наименее разнообразна была альгофлора **реки Секретарка** — 16 таксонов рангом ниже рода, **пруда на руч. Жмакинский** — 15 видов (при монодоминировании *Chlorococum* sp.) и **родника** на территории памятника природы регионального значения «Лесопосадки А. Н. Карамзина на Белом Хуторе» — 7 видов.

В целом сравнительный анализ водорослей из планктона водоемов и водотоков ООПТ Оренбургского лесостепного Заволжья выявил общую тенденцию — значительное преобладание *Bacillariophyta* в альгофлоре водоемов лотического типа и выраженное развитие *Chlorophyta* и *Cyanobacteria* — в лентических. Однако детальный анализ флористического сходства, проведенный на основе расчета коэффициента корреляции Пирсона и коэффициента общности видового состава Сёренсена, показал, что независимо от лимнического типа, территориальной близости и аналогичных климатических

условий альгофлоры исследуемых водоемов и водотоков характеризовалась значительной степенью специфичности. Максимальные значения коэффициента корреляции Пирсона не превышали $r = 0,29$ ($p < 0,05$) и были отмечены между водотоками 1—4 и 2—4 (рис. 3), что свидетельствует в большей степени о различии флор сравниваемых водных объектов, чем об их сходстве. Величины коэффициента Сёренсена также подтвердили малую степень сходства между альгофлорой указанных выше водотоков (для водотоков 1—4 $K_s = 0,33$; для 2—4 $K_s = 0,33$). Уровень флористической общности других исследуемых водных объектов был еще ниже. Водоёмы 6 и 7 характеризовались полной флористической обособленностью ($r < 0,2$; $0 \leq K_s < 0,21$).

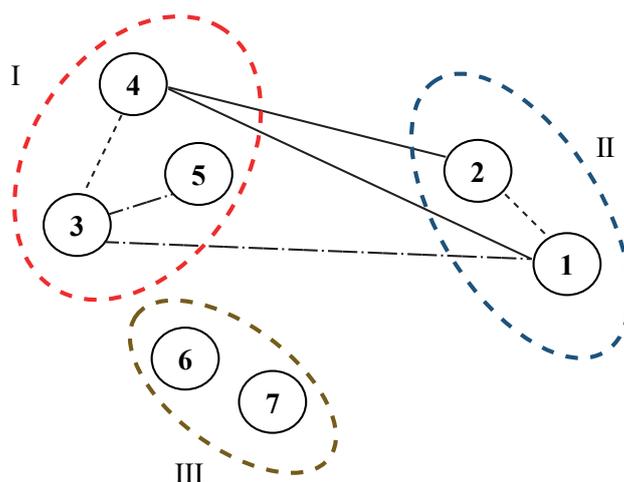


Рис. 3. Чертеж-граф связей локальных флор (обозначения 1—7 — см. таблица 1; I — Северный район, II — Абдулинский район, III — Бугурусланский район; $r = 0,29$ — сплошная линия, $r = 0,24-0,25$ — пунктирная линия с точкой, $r = 0,2-0,21$ — пунктирная линия, $r < 0,2$ не учитывали)

О значительной степени специфичности свидетельствует и тот факт, что среди 193 видов и разновидностей водорослей, обнаруженных в исследуемых водных объектах, только 3 имели наибольшую частоту встречаемости (71,4% от общего числа проб): *Diatoma moniliformis* (Kützing) D. M. Williams, *Meridion circulare* (Greville) C. Agardh, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère. Частота встречаемости *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Cymboplectra amphicephala* (Nägeli ex Kützing) Krammer, *Surirella minuta* Brébisson ex Kützing и *Euglenaformis proxima* (P. A. Dangeard) M. S. Bennett & Triemer составила 57,1% от общего числа проб. Специфичными, обнаруженными только в каком-либо одном водном объекте, были 131 видовой и внутривидовой таксон.

На аналогичную высокую степень различия в видовом составе водорослей, несмотря на территориальную близость и сходные климатические условия, указывают исследователи альгофлоры водоемов и водотоков Национального исторического парка «Место рождения Авраама Линкольна» (Abraham Lincoln Birthplace National Historical Park, Hodgenville, Kentucky, USA) [32]. Авторы связывают обнаруженную ими специфичность флоры с особенностями топографии и гидрохимии изучаемых водоемов.

Следует отметить, что в результате проведенных нами исследований выявлено 19 новых для альгофлоры Оренбургской области видов и разновидностей водорослей (рис. 4).

Отдел **Bacillariophyta**
 Класс Bacillariophyceae
 Порядок Bacillariales Hendey
 Семейство Bacillariaceae Ehrenberg

Nitzschia inconspicua Grunow (\equiv *Nitzschia frustulum* var. *inconspicua* (Grunow) Grunow, \equiv *Homoeocladia inconspicua* (Grunow) Kuntze) — в планктоне р. Секретарка, руч. Кузьминка, пруд на руч. Жмаковский, редко.

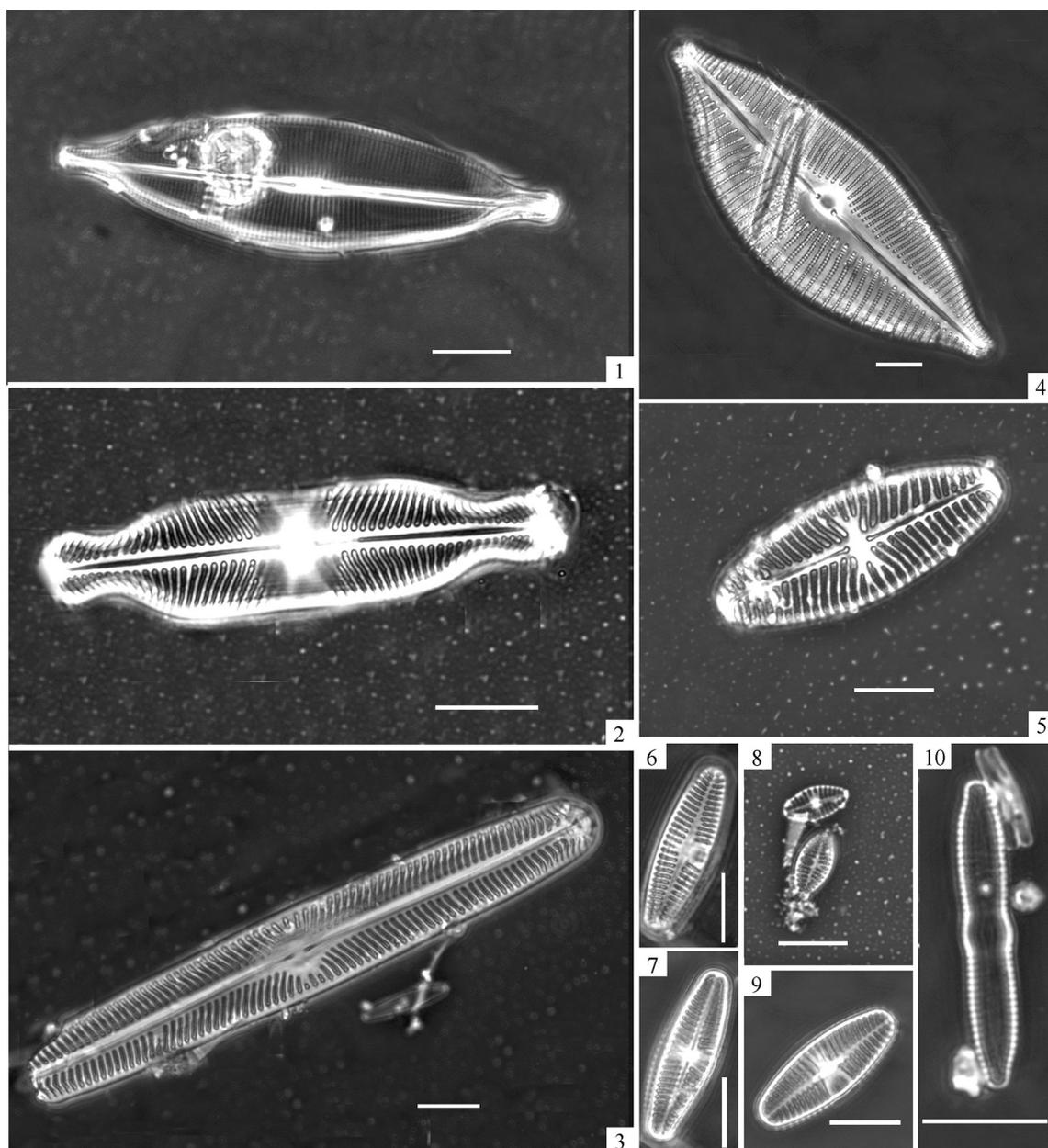


Рис. 4. Новые для альгофлоры Оренбургской области виды водорослей: 1 — *Craticula ambigua* (Ehrenberg) D. G. Mann, 2 — *Pinnularia lundii* Hustedt, 3 — *Navicula peroblunga* Metzeltin, Lange-Bertalot & Nergui, 4 — *Cymbopleura inaequalis* (Ehrenberg) Krammer, 5 — *Navicula reinhardtii* (Grunow) Grunow, 6—9 — *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, 10 — *Fragilaria rhabdosoma* Ehrenberg. Масштабная линейка 10 μ m

Порядок Cocconeidales E. J. Cox
Семейство Achnanthesiaceae D. G. Mann

Planothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (\equiv *Achnanthes lanceolata* f. *minuta* Grunow, \equiv *Achnanthes lanceolata* subsp. *frequentissima* Lange-Bertalot, \equiv *Achnanthesiopsis frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot) (рис. 4, 6—9) — в планктоне р. Курмейка, руч. Кузьминка; редко.

Planothidium holstii (Cleve) Lange-Bertalot (≡ *Achnanthes holstii* Cleve, ≡ *Achnantheiopsis holstii* (Cleve) Lange-Bertalot) — в планктоне р. Курмейка; единично.

Порядок Cymbellales D. G. Mann

Семейство Cymbellaceae Kützing

Cymbopleura inaequalis (Ehrenberg) Krammer (= *Navicula inaequalis* Ehrenberg, ≡ *Cymbella ehrenbergii* Kützing, ≡ *Pinnularia inaequalis* Ehrenberg, ≡ *Cymbella inaequalis* (Ehrenberg) Krammer) (рис. 4, 4) — в планктоне р. Курмейка, единично.

Порядок Fragilariales P. C. Silva

Семейство Fragilariaceae Kützing

Fragilaria rhabdosoma Ehrenberg (= *Fragilaria bidens* f. *major* Grunow, = *Fragilaria bidens* f. *minor* Grunow, = *Fragilaria bidens* Heiberg) (рис. 4, 10) — в планктоне р. Курмейка, нередко.

Порядок Naviculales Bessey

Семейство Naviculaceae Kützing

Navicula peroblunga Metzeltin, Lange-Bertalot & Nergui (рис. 4, 3) — в планктоне р. Курмейка, единично.

Navicula reinhardtii (Grunow) Grunow (≡ *Stauroneis reinhardtii* Grunow) (рис. 4, 5) — в планктоне реки Родниковка, единично.

Семейство Pinnulariaceae D. G. Mann

Pinnularia lundii Hustedt (≡ *Pinnularia interrupta* var. *crassior* (Grunow) Cleve, ≡ *Navicula interrupta* var. *crassior* (Grunow) Fricke) (рис. 4, 2) — в планктоне р. Курмейка, единично.

Pinnularia divergentissima (Grunow) Cleve (≡ *Navicula divergentissima* Grunow) — в планктоне р. Родниковка, единично.

Семейство Stauroneidaceae D. G. Mann

Craticula ambigua (Ehrenberg) D. G. Mann (≡ *Navicula ambigua* Ehrenberg, ≡ *Navicula cuspidate* var. *ambigua* (Ehrenberg) Kirchner) (рис. 4, 1) — в планктоне р. Курмейка, р. Родниковка, руч. Кузьминка; редко.

Отдел **Chlorophyta**

Класс Chlorophyceae

Порядок Chlamydomonadales F. E. Fritsch

Семейство Palmellopsidaceae Korshikov

Asterococcus superbis (Cienkowski) Scherffel (≡ *Pleurococcus superbis* Cienkowski, = *Chlamydomonas scherffelii* Korshikov) — в планктоне пруда, расположенного на ООПТ «Аксаковский парк», единично.

Порядок Sphaeropleales Luerssen

Семейство Scenedesmaceae Oltmanns

Scenedesmus apiculatus var. *indicus* (Hortobágyi) Hortobágyi — в планктоне р. Курмейка, единично.

Lauterborniella elegantissima Schmidle — в планктоне р. Родниковка, единично.

Семейство Selenastraceae Blackman & Tansley

Monoraphidium obtusum (Korshikov) Komarkova-Legnerova (≡ *Ankistrodesmus obtusus* Korshikov, ≡ *Choricystis obtusus* (Korshikov) Hindák) — в планктоне руч. Кузьминка, редко.

Raphidocelis danubiana (Hindák) Marvan, Komárek & Comas (≡ *Kirchneriella danubiana* Hindák, ≡ *Pseudokirchneriella danubiana* Hindák (Hindák), = *Kirchneriella obesa* var. *contorta* Schmidle, = *Kirchneriella contorta* (Schmidle) Bohlin, = *Raphidocelis contorta*) — руч. Кузьминка, пруд на ООПТ «Аксаковский парк», единично.

Отдел **Charophyta**

Класс Zygnematophyceae

Порядок Desmidiales C. E. Bessey

Семейство Desmidiaceae Ralfs

Cosmarium constrictum Delponte — в планктонных образцах воды руч. Кузьминка, единично.

Cosmarium formosulum Hoff — в планктоне р. Курмейка, единично.

Отдел **Euglenophyta**

Класс Euglenophyceae

Порядок Euglenida F. Stein

Семейство Euglenidae Dujardin

Cryptoglena skujae Marin & Melkonian (= *Phacus agilis* Skuja) — в планктонных образцах воды из пруда ООПТ «Аксаковский парк», единично.

Семейство Phacidae J. I. Kim, Triemer & W. Shin

Lepocinclis globula var. *minor* Woronichin (= *Lepocinclis ovum* f. *minor* Woronichin) — в планктоне р. Родниковка, единично.

Большинство из упомянутых выше видов относятся к числу широко распространенных, но на территории региона они выявлены впервые. Обращают на себя внимание два таксона — *Navicula peroblunga* и *Asterococcus superbis*, являющиеся не только новыми в альгофлоре области, но и редкими для России. Так, *N. peroblunga* единично отмечена в планктоне и перифитоне разнотипных водоемов Сибири: озеро Кенон [15], р. Иртыш [2], р. Тошаг [21]. *A. superbis* упоминается авторами как представитель почвенной флоры европейского севера и северо-востока России [1; 17] и однократно описан в составе фитопланктона Пензенского водохранилища [6]. Полученные нами данные расширяют ареал этих видов.

Экологическое состояние изучаемых водных объектов, установленное по индексу сапробности, в целом можно оценить как удовлетворительное (III класс качества), а в ряде случаев — чистые воды (р. Секретарка, ООПТ «Овраг и родник Лей-Латка (Прямой овраг)» — II класс качества и родник, ООПТ «Лесопосадки А. Н. Карамзина на Белом Хуторе» — I класс качества) (табл. 1). Тем не менее структурно-функциональные показатели развития альгофлоры некоторых водоемов ООПТ Оренбургского лесостепного Заволжья свидетельствуют как о нарушении стабильности экосистем, так и о процессе эвтрофирования, связанных с антропогенным воздействием (пруд на руч. Жмакинский, ООПТ «Ручей Кузьминка с притоками — Жмакинский ручей и Грековский дол» и пруд на территории памятника природы «Аксаковский парк»). Особую настороженность вызывает состояние реки Родниковки (ООПТ «Висячие источники Родниковки»), экосистема которой находится в зоне кризисности — угроза, что подтверждается значениями индекса сапробности, а также развитием эвгленовых водорослей *Monomorpha pyrum* (Ehrenberg) Mereschkowsky и *Euglenaformis proxima* — типичных обитателей водоемов с повышенным содержанием органического вещества [7; 37].

Заключение

Таким образом, в альгофлоре впервые изученных водоемов и водотоков ООПТ Оренбургского лесостепного Заволжья зарегистрировано 193 видовых и внутривидовых таксона водорослей. Несмотря на общую тенденцию доминирования Bacillariophyta в водоемах лотического типа и Chlorophyta, Cyanobacteria — в лентических, анализ общности флористического состава выявил значительную степень специфичности альгофлоры исследуемых водных объектов. Наибольшей частотой встречаемости отличались виды *Diatoma moniliformis*, *Meridion circulare*, *Ulnaria ulna*, *Cocconeis placentula*, *Cymbopleura*

amphicephala, *Surirella minuta*, *Euglenaformis proxima*, тогда как специфичными, обнаруженными только в каком-либо одном водном объекте, были 131 видовой и внутривидовой таксон (67,9% от общего числа таксонов). Обособленность флор водорослей подтверждается и очень низкими значениями коэффициентов корреляции Пирсона и общности видового состава Сёренсена.

Проведенные исследования позволили выявить 19 новых для Оренбургской области видов и разновидностей водорослей (Bacillariophyta — 10 таксонов рангом ниже рода, Chlorophyta — 5, Charophyta — 2, Euglenophyta — 2), которые были зарегистрированы в водных объектах на ООПТ «Нижнекурмейский утес» (9 новых для альгофлоры области видовых таксонов), «Висячие источники Родниковки» (4 таксона рангом ниже рода), «Овраг и родник Лей-Латка (Прямой овраг)» (1), «Ручей Кузьминка с притоками — Жмакинский ручей и Грековский дол» (3) и «Аксаковский парк» (2).

Воды исследуемых водоемов и водотоков были охарактеризованы как I—III классов качества, от предельно чистых до удовлетворительной чистоты. Тем не менее анализ структурно-функциональных показателей развития альгофлоры некоторых водоемов ООПТ Оренбургского лесостепного Заволжья продемонстрировал нарушение стабильности их экосистем и разные стадии эвтрофирования. Следует отметить, что при неукоснительном соблюдении предусмотренных для ООПТ ограничений перспективы восстановления экосистем и улучшения качества вод в пределах данных объектов весьма вероятны.

Полученные данные позволяют более объективно подойти к оценке современного состояния, природоохранной значимости, эффективности сохранения биологического и ландшафтного разнообразия исследованных памятников природы и принятию решения о целесообразности дальнейшего ведения или оптимизации природоохранных мероприятий.

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам Института степи Оренбургского федерального исследовательского центра кандидату географических наук П. В. Вельмовскому и кандидату биологических наук Г. Х. Дусаевой за оказанную помощь в проведении полевых исследований.

Список использованной литературы

1. Андреева В. М. Почвенные неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) европейского севера России // Новости систематики низших растений. 2007. № 41. С. 3—14.
2. Баженова О. П., Шкилев Т. Э., Глушенко А. М., Гульченко Я. И., Куликовский М. С. Диатомовые водоросли (Fragilariophyceae) в планктоне среднего течения реки Иртыш // Ботанический журнал. 2017. № 7. С. 901—908.
3. Балонов И. М. Подготовка диатомовых и золотистых водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. С. 87—90.
4. Барина С. С. Простой метод подготовки постоянных препаратов диатомовых и оценка обилия микроводорослей в целях биоиндикации // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1, № 3-4. С. 56—62.
5. Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. 498 с.
6. Богданов Н. И. Биологическая реабилитация водоемов. 3-е изд., доп. и перераб. Пенза : РИО ПГСХА, 2008. 151 с.
7. Воденеева Е. Л., Юлова Г. А., Охапкин А. Г. Эвгленовые водоросли водоемов и водотоков заповедника «Керженский» // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2007. № 3. С. 109—112.
8. Герасимова О. В. Видовой состав водорослей водоемов разного типа Днепровско-Орельского природного заповедника (Украина) // Альгология. 2006. Т. 16, № 1. С. 92—104.

9. Голованов Я. М., Абрамова Л. М. Меловые возвышенности Оренбургской области — уникальные местообитания редких видов растений и растительных сообществ // Аридные экосистемы. 2019. № 2 (79). С. 18—26.
10. Игнатенко М. Е., Яценко-Степанова Т. Н., Немцева Н. В. Экологическая характеристика сообществ автотрофных микроорганизмов р. Тузлукколь // Вода: химия и экология. 2014. № 11. С. 62—68.
11. Калмыкова О. Г., Вельмовский П. В., Барбазюк Е. В., Кин Н. О., Ширяев А. Г., Ширяева О. С., Шовкун Д. Ф., Бакиев А. Г., Горелов Р. А., Дусаева Г. Х. Комплексная оценка значения проектируемого регионального памятника природы «Сергушкинская лесостепь» (Оренбургская область) для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21, № 2. С. 108—112.
12. Кин Н. О., Калмыкова О. Г. О роли геологических памятников природы в сохранении флористического разнообразия Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 6 (142). С. 109—111.
13. Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон водоемов и водотоков заповедника «Кивач» (Республика Карелия, Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2018. № 3 (3). С. 46—60. DOI: 10.24189/nscr.2018.029.
14. Костина Н. В. Применение индексов сходства и различия для районирования территорий на основе локальных флор // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. № 3 (7). С. 2160—2168.
15. Куликовский М. С., Глущенко А. М., Генкал С. И., Кузнецов И. В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль : Филигрань, 2016. 803 с.
16. Михеева Т. М., Лукьянова Е. В. Направленность и характер многолетних изменений фитоценотической структуры и показателей количественного развития фитопланктонных сообществ нарочанских озер в ходе эволюции их трофического статуса // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2006. Т. 8, № 1. С. 125—140.
17. Патова Е. Н., Новаковская И. В. Почвенные водоросли северо-востока европейской части России // Новости систематики низших растений. 2018. № 52 (2). С. 311—353. DOI: 10.31111/nsnr/2018.52.2.311.
18. Старцева Н. А., Охупкин А. Г., Воденеева Е. Л., Рябова А. А. Таксономическая и эколого-географическая структура фитопланктона некоторых правобережных малых рек г. Нижнего Новгорода // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2012. № 2 (3). С. 177—182.
19. Халиуллина Л. Ю. Исследование фитопланктона реки Степной Зай (левый приток р. Кама, Республика Татарстан) // Вода: химия и экология. 2018. № 4-6. С. 55—62.
20. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Київ : Наукова думка, 1990. 208 с.
21. Чудаев Д. А. Диатомовые водоросли рода *Navicula* Телецкого озера (Алтай) и некоторых рек его бассейна // Новости систематики низших растений. 2019. № 53 (2). С. 255—278. DOI: 10.31111/nsnr/2019.53.2.255.
22. Шагжиев К. Ш., Елаев Э. Н., Бабииков В. А., Черных В. Н. Опыт работы по инвентаризации памятников природы Бурятии // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». 2015. № 30 (2). С. 132—134.
23. Шаронова И. В., Ильина В. Н., Курочкин А. С. Флористический обзор некоторых памятников природы Оренбургской области в Сыртовом Заволжье // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2013. № 7 (2). С. 94—99.
24. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
25. Шкундина Ф. Б., Полева А. О., Зарипова Р. Т. Изменение экологического состояния Юмагузинского водохранилища после строительства // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11, Естественные науки. 2016. № 1 (15). С. 53—61. DOI: 10.15688/jvolsu11.2016.1.6.
26. Яценко-Степанова Т. Н., Игнатенко М. Е., Немцева Н. В. Альгофлора разнотипных водоемов ландшафтно-ботанического памятника природы «Соленое урочище Тузлукколь» (Оренбургская область) // Растительный мир Азиатской России. 2014. № 2 (14). С. 3—8.
27. Яценко-Степанова Т. Н., Игнатенко М. Е., Селиванова Е. А., Немцева Н. В. Дополнение к альгофлоре Оренбургской области // Альгология. 2015. Т. 25, № 1. С. 91—99. DOI: 10.15407/alg25.01.091.
28. Atici T., Tokatli C. Algal diversity and water quality assessment with cluster analysis of four freshwater lakes (Mogan, Abant, Karagol and Poyrazlar) of Turkey // Wulfenia. 2014. Vol. 21, N 4. P. 155—169.
29. Bai C., Xu S., Fu X., Wang X., Tan D., Huang P. Evaluation of Water Quality by Environmental Factors and Phytoplankton Community in the Yongjiang River, China // Ecologia. 2016. N 6. P. 1—12. DOI: 10.3923/ecologia.2016.1.12.

30. Barinova S. Essential and Practical Bioindication Methods and Systems for the Water Quality Assessment // International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources. 2017. Vol. 2, N 3. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.02.555588.
31. Barinova S. On the Classification of Water Quality from an Ecological Point of View // International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources. 2017. Vol. 2, N 2. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.02.555581.
32. Barinova S., Smith T. Algae diversity and ecology during a summer assessment of water quality in the Abraham Lincoln Birthplace National Historical Park, USA // Diversity. 2019. N 11. Art. 206. DOI: 10.3390/d11110206.
33. Dembowska E. A., Mieszczankin T., Napiórkowski P. Changes of the phytoplankton community as symptoms of deterioration of water quality in a shallow lake // Environmental Monitoring and Assessment. 2018. Vol. 190. Art. 95. DOI: 10.1007/s10661-018-6465-1.
34. Gökçe D. Algae as an Indicator of Water Quality // Thajuddin N. (ed.). Algae: Organisms for Imminent Biotechnology. InTech, 2016. DOI: 10.5772/62916.
35. Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, 2020. URL: <http://www.algaebase.org>.
36. John D. M., Brooks A. J., Whitton B. A. The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/306176982_The_Freshwater_Algal_Flora_of_the_British_Isles_An_Identification_Guide_to_Freshwater_and_Terrestrial_Algae.
37. Kadam S. U., Kadam S. S., Babar Md. Phytoplankton diversity of reservoirs in Parbhani District, Maharashtra, India // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2014. Vol. 3, N 8. P. 459—466.
38. Kaparapu J., Geddada M. N. R. Seasonal Distribution of Phytoplankton in Riwada Reservoir, Visakhapatnam, Andhra Pradesh, India // Notulae Scientia Biologicae. 2013. Vol. 5, N 3. P. 290—295. DOI: 10.15835/nsb539082.
39. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. Teil 1—2 // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/1—19/2. München ; Jena : Fischer Verlag, 1999—2005.
40. Kozak A., Goldyn R., Dondajewska R. Phytoplankton Composition and Abundance in Restored Maltański Reservoir under the Influence of Physico-Chemical Variables and Zooplankton Grazing Pressure // PLoS ONE. 2015. Vol. 10, N 4. DOI: 10.1371/journal.pone.0124738.
41. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 1—4 // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1—2/4. Stuttgart ; Jena : Gustav Fisher Verlag, 1986—1991.
42. Özyalın S., Ustaoglu M. R. Kemer Baraj Gölü (Aydın) Net Fitoplankton Kompozisyonunun İncelenmesi [Investigation of the net phytoplankton composition of Kemer Impoundment (Aydın)] // Journal of Fisheries & Aquatic Sciences. 2008. Vol. 25, N 4. P. 275—282. DOI: 10.12714/egejfas.2008.25.4.5000156608.
43. Paczuska B., Paczusi R. Small water ponds as reservoirs of algae biodiversity // International Journal of Oceanography and Hydrobiology. 2015. N 4 (44). P. 480—486. DOI: 10.1515/ohs-2015-0045.
44. Sevindik T. O. Phytoplankton Composition of Çaygören Reservoir, Balıkesir-Turkey // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2010. N 10. P. 295—304.
45. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Ergebnisse der Limnologie. 1973. Vol. 7. P. 1—218.
46. Yakovenko V., Melnik S., Fedonenko E. Species Composition, Seasonal Dynamics and Distribution of Phytoplankton of the Zaporizke Reservoir // International Letters of Natural Sciences. 2017. Vol. 62. P. 1—10. DOI: 10.18052/www.scipress.com/ILNS.62.1.
47. Zhu G.-H., Wang C.-S., Liu Z.-S., Ohtani S. Studies on Species Composition of Phytoplankton in Fuxian Lake of Yunnan, China // Advanced Materials Research. 2013. Vols. 807—809. P. 1695—1701. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.807-809.1695.

Поступила в редакцию 20.07.2020

Игнатенко Марина Евгеньевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН
Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11
E-mail: ignatenko_me@mail.ru

Яценко-Степанова Татьяна Николаевна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН

Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11
E-mail: yacenkostn@gmail.com

Калмыкова Ольга Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Институт степи Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН
Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11
E-mail: o.k.81@list.ru

UDC 582.26/.263:502.75(470.56)

M. E. Ignatenko

T. N. Yatsenko-Stepanova

O. G. Kalmykova

On the algae flora of some natural monuments of the Orenburg region

The article studies the flora of algae and cyanobacteria of 7 water bodies and watercourses of Orenburg region's specially protected natural territories (Orenburg forest-steppe Zavolzhye — Severny, Abdulinsky, Buguruslansky districts). There are 193 algae species and intraspecies taxa belonging to 7 phyla (Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Charophyta, Ochrophyta, Miozoa (Dinophyceae), Cyanobacteria), 12 classes, 30 orders, 57 families and 109 genera. 19 new for the Orenburg region's algae flora species and varieties of algae were found (Bacillariophyta — 10 taxa ranked below the genus, Chlorophyta — 5, Charophyta — 2, Euglenophyta — 2). A significant degree of algae flora specificity of the studied water bodies has been established. According to the saprobiological analysis water bodies and streams of protected areas of the Orenburg forest-steppe Zavolzhye are characterized as I—III quality classes, from extremely clean to satisfactory cleanliness.

Key words: water bodies, water streams, algae, biodiversity, specially protected natural territories, Orenburg region.

Ignatenko Marina Evgenyevna, Candidate of Biological Sciences, Senior researcher
Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis, Orenburg Federal Research Center of Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
Russian Federation, 460000, Orenburg, ul. Pionerskaya, 11
E-mail: ignatenko_me@mail.ru

Yatsenko-Stepanova Tatyana Nikolaevna, Doctor of Biological Sciences, Leading researcher
Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis, Orenburg Federal Research Center of Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
Russian Federation, 460000, Orenburg, ul. Pionerskaya, 11
E-mail: yacenkostn@gmail.com

Kalmykova Olga Gennadyevna, Candidate of Biological Sciences, Senior researcher
Institute of Steppe, Orenburg Federal Research Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Russian Federation, 460000, Orenburg, ul. Pionerskaya, 11
E-mail: o.k.81@list.ru

References

1. Andreeva V. M. Pochvennye nepodvizhnye zelenye mikrovdorosli (Chlorophyta) evropeiskogo severa Rossii [Terrestrial nonmotile green microalgae (Chlorophyta) of Russian European North]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii — Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium*, 2007, no. 41, pp. 3—14. (In Russian)
2. Bazhenova O. P., Shkilev T. E., Glushchenko A. M., Gul'chenko Ya. I., Kulikovskii M. S. Diatomovye vdorosli (Fragilariophyceae) v planktone srednego techeniya reki Irtysh [Diatoms (Fragilariophyceae) in the plankton of the Irtysh river middle course]. *Botanicheskii zhurnal*, 2017, no. 7, pp. 901—908. (In Russian)
3. Balonov I. M. Podgotovka diatomovykh i zolotistykh vdoroslei k elektronnoi mikroskopii [Preparation of diatoms and golden algae for electron microscopy]. *Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov*

[Methods of studying biogeocenoses of inland water bodies]. Moscow, Nauka Publ., 1975, pp. 87—90. (In Russian)

4. Barinova S. S. Prostoi metod podgotovki postoyannykh preparatov diatomovykh i otsenka obiliya mikrovdoroslei v tselyakh bioindikatsii [A simple method for preparing permanent diatom slides and assessing the abundance of microalgae for bioindication]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya — Aquatic Bioresources & Environment*, 2018, vol. 1, no. 3—4, pp. 56—62. (In Russian)

5. Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. *Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhayushchei sredy* [Biodiversity of environmental indicator algae]. Tel-Aviv, Pilies Studio Publ., 2006. 498 p. (In Russian)

6. Bogdanov N. I. *Biologicheskaya reabilitatsiya vodoemov. 3-e izd., dop. i pererab.* [Biological rehabilitation of water bodies. 3 ed., add. and revised]. Penza, RIO PGSKhA Publ., 2008. 151 p. (In Russian)

7. Vodeneeva E. L., Yulova G. A., Okhapkin A. G. Evglenovye vodorosli vodoemov i vodotokov zapovednika “Kerzhenskii” [Euglenophyta from water bodies and streams of the Kerzhenskiy nature reserve]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo — Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*, 2007, no. 3, pp. 109—112. (In Russian)

8. Gerasimova O. V. Vidovoi sostav vodoroslei vodoemov raznogo tipa Dneprovsko-Orel’skogo prirodno zapovednika (Ukraina) [Species composition of algae in water bodies of different types of the Dnieper-Orel nature reserve (Ukraine)]. *Al’gologiya — Algology*, 2006, vol. 16, no. 1, pp. 92—104. (In Russian)

9. Golovanov Ya. M., Abramova L. M. Melovye vozvysshennosti Orenburgskoi oblasti — unikal’nye mestoobitaniya redkikh vidov rastenii i rastitel’nykh soobshchestv [Cretaceous uplands of the Orenburg region — unique habitats of rare plant species and plant communities]. *Aridnye ekosistemy — Arid Ecosystems*, 2019, no. 2 (79), pp. 18—26. (In Russian)

10. Ignatenko M. E., Yatsenko-Stepanova T. N., Nemtseva N. V. Ekologicheskaya kharakteristika soobshchestv avtotrofnnykh mikroorganizmov r. Tuzlukkol’ [Ecological characteristic of autotrophic microorganisms’ communities of the Tuzlukkol river]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2014, no. 11, pp. 62—68. (In Russian)

11. Kalmykova O. G., Vel’movskii P. V., Barbazyuk E. V., Kin N. O., Shiryayev A. G., Shiryayeva O. S., Shovkun D. F., Bakiev A. G., Gorelov R. A., Dusaeva G. Kh. Kompleksnaya otsenka znacheniya proektiruемого regional’nogo pamyatnika prirody “Sergushkinskaya lesostep” (Orenburgskaya oblast’) dlya sokhraneniya biologicheskogo i landshaftnogo raznoobraziya [Integrated value assessment of projected regional Sergushkino forest-steppe regional nature monument (Orenburg region) for conservation of biological and landscape diversity]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk — Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2019, vol. 21, no. 2, pp. 108—112. (In Russian)

12. Kin N. O., Kalmykova O. G. O roli geologicheskikh pamyatnikov prirody v sokhraneni floristicheskogo raznoobraziya Orenburgskoi oblasti [On the role of geological natural monuments in the preservation of the floristic diversity of the Orenburg region]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta — Vestnik of the Orenburg State University*, 2012, no. 6 (142), pp. 109—111. (In Russian)

13. Komulainen S. F. Fitoperifiton vodoemov i vodotokov zapovednika “Kivach” (Respublika Kareliya, Rossiya) [Phytoperiphyton of reservoirs and water streams of the Kivach reserve (Republic of Karelia, Russia)]. *Nature Conservation Research. Zapovednaya nauka*, 2018, no. 3 (3), pp. 46—60. DOI: 10.24189/ncr.2018.029. (In Russian)

14. Kostina N. V. Primenenie indeksov skhodstva i razlichiya dlya raionirovaniya territorii na osnove lokal’nykh flor [Indexes of similarity and dissimilarity for territory zoning based on local floras]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk — Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2013, no. 3 (7), pp. 2160—2168. (In Russian)

15. Kulikovskii M. S., Glushchenko A. M., Genkal S. I., Kuznetsov I. V. *Opredelitel’ diatomovykh vodoroslei Rossii* [Identification guide to diatoms of Russia]. Yaroslavl, Filigran’ Publ., 2016. 803 p. (In Russian)

16. Mikheeva T. M., Luk’yanova E. V. Napravlenost’ i kharakter mnogoletnikh izmenenii fitotsenoticheskoi struktury i pokazatelei kolichestvennogo razvitiya fitoplanktonnykh soobshchestv narochanskikh ozer v khode evolyutsii ikh troficheskogo statusa [Tendency and character of perennial changes in the phytocenotic structure and indicators of the quantitative development of phytoplankton communities in the Narochansk lakes during the evolution of their trophic status]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk — Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2006, vol. 8, no. 1, pp. 125—140. (In Russian)

17. Patova E. N., Novakovskaya I. V. Pochvennye vodorosli severo-vostoka evropeiskoi chasti Rossii [Soil algae of the Northeastern European Russia]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii — Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium*, 2018, no. 52 (2), pp. 311—353. DOI: 10.31111/nsnr/2018.52.2.311. (In Russian)

18. Startseva N. A., Okhapkin A. G., Vodeneeva E. L., Ryabova A. A. Taksonomicheskaya i ekologo-geograficheskaya struktura fitoplanktona nekotorykh pravoberezhnykh malykh rek g. Nizhnego Novgoroda [Taxonomic and ecogeographic structure of phytoplankton in some small right-bank tributary rivers of the Volga in

Nizhni Novgorod city]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo — Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*, 2012, no. 2 (3), pp. 177—182. (In Russian)

19. Khaliullina L. Yu. Issledovanie fitoplanktona reki Stepnoi Zai (levyi pritok r. Kama, Respublika Tatarstan) [Research of phytoplankton of the river Stepnoy Zay (left tributary of the Kama river, Republic of Tatarstan)]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2018, no. 4-6, pp. 55—62. (In Russian)

20. Tsarenko P. M. *Kratkii opredelitel' khlorokokkovykh vodoroslei Ukrainskoi SSR* [Brief identification guide to chlorococcal algae of the Ukrainian SSR]. Kiïv, Naukova dumka Publ., 1990. 208 p. (In Russian)

21. Chudaev D. A. Diatomovye vodorosli roda Navicula Teletskogo ozera (Altai) i nekotorykh rek ego basseina [Diatoms of the genus Navicula of Lake Teletskoye (Altai) and some rivers of its basin]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii — Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium*, 2019, no. 53 (2), pp. 255—278. DOI: 10.31111/nsnr/2019.53.2.255. (In Russian)

22. Shagzhiev K. Sh., Elaev E. N., Babikov V. A., Chernykh V. N. Opyt raboty po inventarizatsii pamyatnikov prirody Buryatii [The nature monuments inventory experience in Buryatia]. *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Prisurskii"*, 2015, no. 30 (2), pp. 132—134. (In Russian)

23. Sharonova I. V., Il'ina V. N., Kurochkin A. S. Floristicheskii obzor nekotorykh pamyatnikov prirody Orenburgskoi oblasti v Syrtovom Zavolzh'e [Floristic review of some nature sanctuaries of the Orenburg region in Syrtovoe Zavolzhie]. *Fitoraznoobrazie Vostochnoi Evropy — Phytodiversity of Eastern Europe*, 2013, no. 7 (2), pp. 94—99. (In Russian)

24. Shitikov V. K., Rozenberg G. S., Zinchenko T. D. *Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoi identifikatsii* [Quantitative hydroecology: methods of systemic identification]. Tolyatti, IEVB RAN Publ., 2003. 463 p. (In Russian)

25. Shkundina F. B., Poleva A. O., Zaripova R. T. Izmenenie ekologicheskogo sostoyaniya Yumaguzinskogo vodokhranilishcha posle stroitel'stva [Change of the ecological state of Umagusinskoe reservoir after building]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 11, Estestvennye nauki*, 2016, no. 1 (15), pp. 53—61. DOI: 10.15688/jvolsu11.2016.1.6. (In Russian)

26. Yatsenko-Stepanova T. N., Ignatenko M. E., Nemtseva N. V. Al'goflora raznotipnykh vodoemov landshaftno-botanicheskogo pamyatnika prirody "Soleno urochishche Tuzlukkol'" (Orenburgskaya oblast') [The algal flora of the different-type water bodies in landscape and botanical nature monument "Tuzlukkol'" (Orenburg region)]. *Rastitel'nyi mir Aziatskoi Rossii — Plant Life of Asian Russia*, 2014, no. 2 (14), pp. 3—8. (In Russian)

27. Yatsenko-Stepanova T. N., Ignatenko M. E., Selivanova E. A., Nemtseva N. V. Dopolnenie k al'goflore Orenburgskoi oblasti [Addition to the algal flora for Orenburg region]. *Al'gologiya — Algology*, 2015, vol. 25, no. 1, pp. 91—99. DOI: 10.15407/alg25.01.091. (In Russian)

28. Atici T., Tokatli C. Algal diversity and water quality assessment with cluster analysis of four freshwater lakes (Mogan, Abant, Karagol and Poyrazlar) of Turkey. *Wulfenia*, 2014, vol. 21, no. 4, pp. 155—169.

29. Bai C., Xu S., Fu X., Wang X., Tan D., Huang P. Evaluation of Water Quality by Environmental Factors and Phytoplankton Community in the Yongjiang River, China. *Ecologia*, 2016, no. 6, pp. 1—12. DOI: 10.3923/ecologia.2016.1.12.

30. Barinova S. Essential and Practical Bioindication Methods and Systems for the Water Quality Assessment. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 2017, vol. 2, no. 3. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.02.555588.

31. Barinova S. On the Classification of Water Quality from an Ecological Point of View. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 2017, vol. 2, no. 2. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.02.555581.

32. Barinova S., Smith T. Algae diversity and ecology during a summer assessment of water quality in the Abraham Lincoln Birthplace National Historical Park, USA. *Diversity*, 2019, no. 11, art. 206. DOI: 10.3390/d11110206.

33. Dembowska E. A., Mieszczankin T., Napiórkowski P. Changes of the phytoplankton community as symptoms of deterioration of water quality in a shallow lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2018, vol. 190, art. 95. DOI: 10.1007/s10661-018-6465-1.

34. Gökçe D. Algae as an Indicator of Water Quality. Thajuddin N. (ed.). *Algae: Organisms for Imminent Biotechnology*. InTech, 2016. DOI: 10.5772/62916.

35. Guiry M. D., Guiry G. M. *AlgaeBase. World-wide electronic publication*, National University of Ireland, Galway, 2020. URL: <http://www.algaebase.org>.

36. John D. M., Brooks A. J., Whitton B. A. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/306176982_The_Freshwater_Algal_Flora_of_the_British_Isles_An_Identification_Guide_to_Freshwater_and_Terrestrial_Algae.

37. Kadam S. U., Kadam S. S., Babar Md. Phytoplankton diversity of reservoirs in Parbhani District, Maharashtra, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2014, vol. 3, no. 8, pp. 459—466.

38. Kaparapu J., Geddada M. N. R. Seasonal Distribution of Phytoplankton in Riwada Reservoir, Visakhapatnam, Andhra Pradesh, India. *Notulae Scientia Biologicae*, 2013, vol. 5, no. 3, pp. 290—295. DOI: 10.15835/nsb539082.
39. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. Teil 1—2. *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Bd. 19/1—19/2. München, Jena, Fischer Verlag, 1999—2005.
40. Kozak A., Goldyn R., Dondajewska R. Phytoplankton Composition and Abundance in Restored Maltański Reservoir under the Influence of Physico-Chemical Variables and Zooplankton Grazing Pressure. *PLoS ONE*, 2015, vol. 10, no. 4. DOI: 10.1371/journal.pone.0124738.
41. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 1—4. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 2/1—2/4. Stuttgart, Jena, Gustav Fisher Verlag, 1986—1991.
42. Özyalın S., Ustaoglu M. R. Kemer Baraj Gölü (Aydın) Net Fitoplankton Kompozisyonunun İncelenmesi [Investigation of the net phytoplankton composition of Kemer Impoundment (Aydın)]. *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 2008, vol. 25, no. 4, pp. 275—282. DOI: 10.12714/egejfas.2008.25.4.5000156608.
43. Paczuska B., Paczusi R. Small water ponds as reservoirs of algae biodiversity. *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, 2015, no. 4(44), pp. 480—486. DOI: 10.1515/ohs-2015-0045.
44. Sevindik T. O. Phytoplankton Composition of Çaygören Reservoir, Balıkesir-Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2010, no. 10, pp. 295—304.
45. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie*, 1973, vol. 7, pp. 1—218.
46. Yakovenko V., Melnik S., Fedonenko E. Species Composition, Seasonal Dynamics and Distribution of Phytoplankton of the Zaporizke Reservoir. *International Letters of Natural Sciences*, 2017, vol. 62, pp. 1—10. DOI: 10.18052/www.scipress.com/ILNS.62.1.
47. Zhu G.-H., Wang C.-S., Liu Z.-S., Ohtani S. Studies on Species Composition of Phytoplankton in Fuxian Lake of Yunnan, China. *Advanced Materials Research*, 2013, vols. 807—809, pp. 1695—1701. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.807-809.1695.