

## РАЗНОГОДИЧНАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВОДОРΟΣЛЕЙ НЕКОТОРЫХ ПЕЩЕР РОССИИ

Ш.Р. Абдуллин

*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной  
Азии ДВО РАН, г. Владивосток*

Проанализирована разногодичная и сезонная динамика таксономического состава цианобактерий и водорослей в ряде пещер России, различающихся происхождением, залегающими породами, морфологией, уровнем антропогенной нагрузки (Шульган-Таш, Киндерлинская, Первая Чекан-Тамакская, Дудкинская штольня). Выявлено, что в разные годы и сезоны происходит значительная смена таксономического состава цианобактерий и водорослей. Причиной этого могут быть инфлюационные воды или антропогенный занос. При этом отмечаются группы сходных между собой видов, встречающихся постоянно.

**Ключевые слова:** цианобактерии, водоросли, таксономический состав, пещеры, разногодичная и сезонная динамика, Россия

## MULTI-ANNUAL AND SEASONAL DYNAMICS OF THE TAXONOMIC COMPOSITION OF CYANOBACTERIA AND ALGAE IN SOME CAVES OF RUSSIA

Sh.R. Abdullin

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern  
Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

The multi-annual and seasonal dynamics of the taxonomic composition of cyanobacteria and algae in a number of caves in Russia differing in origin, lying rocks, morphology, level of anthropogenic influence (Shulgan-Tash, Kinderlinskaya, Pervaya Chekan-Tamakskaya, Dudkinskaya shtolnya) are analyzed. It was revealed that in different years and seasons there is a significant change in the taxonomic composition of cyanobacteria and algae. The reason for this may be

inflational water or anthropogenic influence. At the same time, groups of similar species are observed that occur constantly.

**Keywords:** cyanobacteria, algae, taxonomic composition, caves, multi-annual and seasonal dynamics, Russia

---

## ВВЕДЕНИЕ

Изменения во времени таксономического состава организмов, особенно автотрофных, включая цианобактерии и водоросли, играют важную роль в экосистемах, так как позволяют прогнозировать их состояние в будущем. Разногодичная и сезонная динамика таксономического состава цианобактерий и водорослей наиболее подробно изучены у фитопланктона (Round, 1981; Саут, Уиттик, 1990; Rugema et al., 2019), а также у литоральных пресноводных микроводорослей (Sushchik et al., 2010). Однако подобные исследования для цианобактерий и водорослей пещер отсутствуют. В связи с этим целью работы являлся анализ разногодичной и сезонной динамики таксономического состава цианобактерий и водорослей в ряде пещер России.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 4 пещерах России, различающихся происхождением, залегающими породами, морфологией, уровнем антропогенной нагрузки.

Первая Чекан-Тамакская пещера расположена на правом берегу р. Ик в Азнакаевском районе Республики Татарстан, в 4 км от деревни Чекан-Тамак. Вход находится в скальных обнажениях песчаников на высоте 80–90 м от уровня реки, протяженность полости – 34 м. Эта пещера искусственного происхождения, образовалась в результате добычи медистых песчаников в XVIII в., представляет собой сеть низких ходов и лазов. Полость сухая, дно покрыто песком с мелкими и крупными камнями (Абдуллин, 1999). Летом 1998 и зимой 1999 гг. в пещере из различных местообитаний было отобрано 17 проб.

Дудкинская штольня находится на территории г. Уфы (Республика Башкортостан), на правом берегу р. Уфа. Вход, небольшое полузасыпанное землей полукруглое отверстие, располагается на склоне речной долины. Пещера представляет собой заброшенную горизонтальную выработку протяженностью около 3 км, в которой велась добыча гипса. Сейчас в ней развивается естественный карст, местами – интенсивная капель, существует опасность обвалов, более вероятная в период дождей и снеготаяния. Недалеко от входа в двух соседних тупиках есть небольшие непроточные водоемы (Соколов, 2009). В 2000 и 2010 гг. из различных местообитаний в пещере было отобрано 44 пробы.

Пещера Киндерлинская (им. 30-летия Победы) расположена в южной части хребта Улутау (Южный Урал, Республика Башкортостан, Архангельский

район), на правом склоне долины р. Киндерли (правый приток р. Зилим), в ее устьевой части, в 5 км к востоку от д. Таш-Асты. Это самая значительная по амплитуде (–250 м) пещера Урала и вторая по длине пещера Башкортостана (8600 м), имеет карстовое происхождение. Она заложена в серых и тёмно-серых, прослоями битуминозных известняках верхнего девона и располагается на восточном крыле Таш-Астинской синклинали. Пещера представляет собой наклонно-горизонтальную систему галерей и ходов в северном, северо-восточном и западном, северо-западном направлениях, образовавшихся на четырёх гипсометрических уровнях. Современные водотоки в пещере направлены по падению известняков – с востока на запад, есть озера. В привходовой части имеется ледник длиной 120 м, толщиной до 8 м. Вход в пещеру в виде трапеции размером 12 м на 7 м обращён на юг. Пещера богата натёчными образованиями. Экосистема полости испытывает сильную антропогенную нагрузку от ненормированного посещения спелеотуристов (Смирнов, Соколов, 2002). В 2010, 2011 и 2013 гг. в пещере из различных местообитаний было отобрано 43 пробы.

Пещера Шульган-Таш (Капова) находится в Бурзянском районе Республики Башкортостан (Южный Урал, Россия), на правом берегу р. Белой на территории Государственного природного заповедника «Шульган-Таш» близ устья р. Шульган. Она карстового типа, выработана в известняках девонского и каменноугольного периодов, с подземной рекой Шульган, ручьями и озерами. Вход в пещеру располагается на расстоянии 150 метров от р. Белой, на высоте 7–8 метров над её уровнем. Пещера делится на три главных этажа. Все три этажа сходятся в средней ее части. В дальней же части пещеры этажи расположены ступенчато, верхний этаж расположен выше среднего на 20–30 м, тот в свою очередь выше нижнего на 50–60 м. В 1959 г. А.В. Рюминым в ней были обнаружены настенные рисунки палеолитического возраста, после чего пещера стала всемирно известной. Длина всех исследованных ходов Каповой пещеры составляет более 3000 м. В привходовой части пещеры организован туристический маршрут (Кудряшов, 1969; Ляхницкий, 2002). В пещере летом 2000 – 2004 и зимой 2005 гг. из различных местообитаний было отобрано 203 пробы.

Все пробы отбирались с применением модифицированных стандартных методик (Абдуллин, 2005). Выявление видового состава цианобактерий и водорослей в пробах проводили в лаборатории прямым микроскопированием, на «стеклах обрастания» (Голлербах, Штина, 1969) и после культивирования образцов в жидкой минеральной среде № 6 (Громов, 1965) с добавлением силиката натрия. Образцы воды профильтровывали через мембранные фильтры МФАС-Б-4 (средний диаметр пор – 0,5 мкм), затем их также помещали в среду № 6. Для уточнения видов некоторые цианобактерии и водоросли выделялись в чистые культуры методом капилляров, позволяющим получить сразу аксеничную культуру (Сиренко и др., 1975). Цианобактерии и водоросли культивировались в люминостане при освещённости 2500–3000 лк и при комнатной температуре. Для более полного выявления видового состава

культуры периодически просматривались в течение восьми месяцев культивирования. В исследованиях использовали световые микроскопы «Биолам 70» и «Микмед-1». Некоторые виды диатомовых водорослей были определены с использованием трансмиссионной (H-300) и сканирующей (JSM-25S и ZEISS EVO 40) электронной микроскопии. Ряд штаммов диатомеи *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm. был идентифицирован путём сравнения нуклеотидных последовательностей участка гена *rbcL* (Amato, 2007).

Для определения сходства видового состава использовался коэффициент Серенсена-Чекановского (Кузяхметов, Дубовик, 2001).

При идентификации цианобактерий и водорослей использовался ряд определителей: В.М. Андреева (1998), М.М. Голлербах с соавт. (1953), М.М. Забелина с соавт. (1951), О.М. Матвиенко, Т.В. Догадина (1978), Н.А. Мошкова, М.М. Голлербах (1986), П.М. Царенко (1990), К. Krammer, Н. Lange-Bertalot (1986; 1988; 1991a; 1991b), Н. Ettl, G. Fischer (1983), J. Komárek, B. Fott (1983), J. Komárek, K. Anagnostidis (1999, 2005), J. Komárek (2013). Систематика цианобактерий и водорослей составлена согласно M.D. Guiry, G.M. Guiry (2014).

К ведущим были отнесены надвидовые таксоны, содержащие в сумме не менее 50 % всех видов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В разные годы (летом 2000 – 2004 гг.) и различные сезоны (лето 2004 г. – зима 2005 г.) в пещере Шульган-Таш общее число видов цианобактерий и водорослей изменялось от 32 до 79, их соотношение по отделам отличалось, представители отдела *Charophyta* были отмечены лишь в 2003 и 2004 гг., водоросли из отдела *Ochrophyta* в 2001 г. отсутствовали (табл. 1). Число семейств цианобактерий и водорослей и их распределение по ведущим семействам в разные годы и сезоны также было разным (табл. 2). Коэффициент сходства видового состава цианобактерий и водорослей в пещере в различные периоды изменялся от 28 до 66 %, что указывает на смену большей части видового состава полости в разные годы и сезоны. При этом сходство видового состава этих организмов в разные сезоны было больше (66 %), чем в различные годы (28–48 %). Возможно, это связано с тем, что наибольшая смена видового состава цианобактерий и водорослей в пещере происходит во время весеннего паводка.

Однако были выявлены виды, встречающиеся в пещере постоянно или в большинстве лет: *Phormidium ambiguum* Gom., *Leptolyngbya boryana* (Gom.) Anagn. et Kom., *Diademsis contenta* (Grun. ex Van Heur.) D.G. Mann in Round, Crawford et Mann, *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun., *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith, *Aulacoseira* sp., *Leptolyngbya foveolaria* (Gom.) Anagn. et Kom., *Nostoc paludosum* Kütz. ex Born. et Flah., *Nostoc punctiforme* Har., *Halamphora montana* (Krasske) Levk., *Luticola nivalis* (Ehr.) Mann in Round, Crawford et Mann, *Eolimna subminuscula* (Mang.) Gerd Moser, Lange-Bertalot et Metz., *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Punc.

**Таблица 1.** Разногодичная и сезонная динамика таксономического состава цианобактерий и водорослей в пещере Шульган-Таш летом в 2000-2004 гг. и зимой 2005 г. (на уровне отделов) [Table 1. Multi-annual and seasonal dynamics of the taxonomic composition of cyanobacteria and algae in the Shulgan-Tash cave in the summer of 2000-2004 and winter of 2005 (Phylum level)]

Отдел	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Суанобактерия (Суанопрокариота)	17	16	13	30	26	19
Ochrophyta	1	0	1	2	1	1
Bacillariophyta	8	13	15	29	26	19
Charophyta	0	0	0	2	2	0
Chlorophyta	6	9	6	16	19	10
<b>Всего видов</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>79</b>	<b>74</b>	<b>49</b>

**Таблица 2.** Преобладающие семейства цианобактерий и водорослей в пещере Шульган-Таш летом в 2000-2004 гг. и зимой 2005 г. (число видов и внутривидовых таксонов) [Table 2. Dominant families of cyanobacteria and algae in the Shulgan-Tash cave in the summer of 2000-2004 and in winter of 2005 (number of species and intraspecific taxa)]

Семейства	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Phormidiaceae	3	4	5	7	6	4
Nostocaceae	5	3	-	7	9	8
<i>Bacillariaceae</i>	-	3	4	6	4	3
Diadesmidaceae	4	-	5	5	3	-
<i>Naviculaceae</i>	-	4	-	7	7	6
Pseudanabaenaceae	3	3	4	-	-	-
Merismopediaceae	-	3	-	4	-	-
<i>Chlorococcaceae</i>	-	-	-	5	4	-
<i>Achnanthidiaceae</i>	-	-	-	-	5	3
<i>Chlorellaceae</i>	-	3	-	-	-	-
<i>Microcoleaceae</i>	-	-	-	-	3	-
Oscillatoriaceae	-	-	-	-	3	-
<b>Всего семейств:</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>37</b>	<b>35</b>	<b>26</b>

В пещере Киндерлинская в разные годы (2010, 2011, 2013) общее число видов цианобактерий и водорослей варьировало от 14 до 36, их соотношение по отделам отличалось, представители отдела *Charophyta* были отмечены лишь в 2010 г. (табл. 3).

**Таблица 3.** Разногодичная динамика таксономического состава цианобактерий и водорослей в пещере Киндерлинская в 2010, 2011 и 2013 гг. (на уровне отделов) [Table 3. Multi-annual dynamics of the taxonomic composition of cyanobacteria and algae in the Kinderlinskaya cave in 2010, 2011 and 2013 (Phylum level)]

Отдел	2010	2011	2013
Суанобактерия (Суанопрокариота)	11	10	4
Bacillariophyta	10	8	4
Charophyta	1	0	0
Chlorophyta	14	5	6
<b>Всего видов</b>	<b>36</b>	<b>23</b>	<b>14</b>

Число семейств цианобактерий и водорослей и их распределение по ведущим семействам в разные годы в полости было разным (табл. 4). Коэффициент сходства видового состава цианобактерий и водорослей в пещере в различные годы изменялся от 40 до 44 %, что указывает на смену большей части видового состава полости в разные годы. Были выявлены виды, встречающиеся постоянно или в большинстве лет: *Leptolyngbya boryana*, *Leptolyngbya gracillima* (Zopf ex Hansg.) Anagn. et Kom., *Nostoc punctiforme*, *Rossthidium linearis* (Smith) Round et Bukh., *Hantzschia amphioxys*, *Mychonastes homosphaera*, *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh., *Muriella magna* Fritsch et John, *Phormidium ambiguum*, *Halamphora montana*, *Navicula minima* Grun. in van Heurck, *Choricystis chodatii* (Jaag) Fott, *Muriella terrestris* Petersen, *Chlorella vulgaris* Beyer., *Chlorococcum minutum* Starr.

**Таблица 4.** Преобладающие семейства цианобактерий и водорослей в пещере Киндерлинская в 2010, 2011, 2013 гг. (число видов и внутривидовых таксонов) [Table 4. Dominant families of cyanobacteria and algae in the Kinderlinskaya cave in 2010, 2011 and 2013 (number of species and intraspecific taxa)]

Семейства	2010	2011	2013
<i>Naviculaceae</i>	3	3	2
<i>Pseudanabaenaceae</i>	2	4	2
<i>Chlorellaceae</i>	3	2	2
<i>Phormidiaceae</i>	2	2	-
<i>Nostocaceae</i>	4	2	-
<i>Bacillariaceae</i>	2	2	-
<i>Chlorococcaceae</i>	2	-	2
<i>Achnanthidiaceae</i>	2	-	-
<i>Chlamydomonadaceae</i>	2	-	-
<i>Pinnulariaceae</i>	2	-	-
<b>Всего семейств:</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>10</b>

В Дудкинской штольне в разные годы (2000, 2010) общее число видов цианобактерий и водорослей изменялось от 15 до 20, их соотношение по отделам различалось, представители *Ochrophyta* в 2010 г. отсутствовали (табл. 5). Число семейств цианобактерий и водорослей и их распределение по ведущим семействам в разные годы было различным (табл. 6).

**Таблица 5.** Разногодичная динамика таксономического состава цианобактерий и водорослей в пещере Дудкинская штольня в 2000 и 2010 гг. (на уровне отделов) [Table 5. Multi-annual dynamics of the taxonomic composition of cyanobacteria and algae in the Dudkinskaya shtolnya cave in 2000 and 2010 (Phylum level)]

Отдел	2000	2010
Цианобактерия (Cyanoprokaryota)	8	5
Ochrophyta	1	0
Bacillariophyta	6	5
Chlorophyta	5	5
<b>Всего видов</b>	<b>20</b>	<b>15</b>

**Таблица 6.** Преобладающие семейства цианобактерий и водорослей в Дудкинской штольне в 2000 и 2010 гг. (число видов и внутривидовых таксонов) [Table 6. Dominant families of cyanobacteria and algae in the Dudkinskaya shtolnya cave in 2000 and 2010 (number of species and intraspecific taxa)]

Семейства	2000	2010
Nostocaceae	4	3
Pseudanabaenaceae	2	2
Diadesmidaceae	2	-
Prasiolaceae	2	-
Chlorellaceae	-	3
<b>Всего семейств:</b>	<b>14</b>	<b>10</b>

Коэффициент сходства видового состава цианобактерий и водорослей в пещере в 2000 и 2010 гг. составлял 29 %, что указывает на смену большей части видового состава полости. Были выявлены виды, встречающиеся в 2000 и 2010 гг.: *Nostoc paludosum*, *N. punctiforme*, *Leptolyngbya boryana*, *Hantzschia amphioxys*, *Stichococcus minor* Näg.

В Первой Чекан-Тамакской пещере в разные сезоны (лето 1998 г. – зима 1999 г.) общее число видов цианобактерий и водорослей было близким, но их соотношение по отделам различалось, кроме того, зимой 1999 г. отсутствовали представители *Bacillariophyta* (табл. 7).

**Таблица 7.** Сезонная динамика таксономического состава цианобактерий и водорослей в Первой Чекан-Тамакской пещере летом 1998 г. и зимой 1999 г. (на уровне отделов) [Table 7. Seasonal dynamics of the taxonomic composition of cyanobacteria and algae in the Pervaya Chekan-Tamakskaya cave in the summer of 1998 and winter of 1999 (Phylum level)]

Отдел	1998, лето	1999, зима
Сyanobacteria (Сyanoprokaryota)	6	7
Bacillariophyta	1	0
Chlorophyta	3	5
<b>Всего видов</b>	<b>10</b>	<b>12</b>

Число семейств цианобактерий и водорослей и их распределение по ведущим семействам в разные сезоны было различным (табл. 8).

Коэффициент сходства видового состава цианобактерий и водорослей в пещере летом 1998 г. – зимой 1999 г. составлял 27 %, что указывает на смену большей части видового состава полости. Были выявлены виды, встречающиеся летом 1998 г. – зимой 1999 г.: *Nostoc punctiforme*, *Leptolyngbya angustissima* (West et G.S. West) Anagn. et Kom., *Synechococcus elongatus* (Näg.) Näg.

Существуют различные виды заноса цианобактерий и водорослей в пещеры (Абдуллин, 2014, 2015). Наибольший вклад из них вносят водный инфлюационный (потоки воды) и антропогенный. В пещере Шульган-Таш

протекает река Шульган, которая, скорее всего, оказывает значительное влияние на занос цианобактерий и водорослей в полость. При этом для посещения открыта лишь небольшая привходовая часть пещеры. В остальных трёх пещерах сильное влияние на занос этих организмов оказывает, по-видимому, антропогенный занос, так как крупные водотоки в них отсутствуют, и полости открыты для туристов.

**Таблица 8.** Преобладающие семейства цианобактерий и водорослей в Первой Чекан-Тамакской пещере летом 1998 г. и зимой 1999 г. (число видов и внутривидовых таксонов) [Table 6. Dominant families of cyanobacteria and algae in the Pervaya Chekan-Tamakskaaya cave in the summer of 1998 and winter of 1999 (number of species and intraspecific taxa)]

Семейства	лето 1998	зима 1999
Nostocaceae	3	2
Pseudanabaenaceae	-	2
Chlorosarcinaceae	-	2
<b>Всего семейств:</b>	<b>8</b>	<b>9</b>

Таким образом, на примере четырёх различных пещер (Шульган-Таш, Киндерлинская, Дудкинская штольня, Первая Чекан-Тамакская) выявлено, что в этих экосистемах в разные годы и сезоны происходит значительная смена таксономического состава цианобактерий и водорослей. Причиной этого могут быть, скорее всего, инфлюационные воды или антропогенный занос. При этом отмечаются группы сходных между собой видов, встречающихся постоянно.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абдуллин Ш.Р.** Альгологическое исследование трех Чекан-Тамакских пещер // Актуальные проблемы биологии и экологии: тез. докл. VI Молодежной науч. конф. Сыктывкар, 1999. С. 4.
- Абдуллин Ш.Р.** 2005. Цианобактерии и водоросли пещеры Шульган-Таш (Каповой): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 16 с.
- Абдуллин Ш.Р.** Разнообразие трофической структуры экосистем пещер // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134, № 2. С. 192–204.
- Абдуллин Ш.Р.** 2015. Закономерности формирования разнообразия и синтаксономия цианобактериально-водорослевых ценозов пещер России и неко-торых сопредельных государств: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Уфа. 36 с.
- Андреева В.М.** Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales). СПб.: Наука, 1998. 351 с.
- Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И.** Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли. М.: Сов. наука, 1953. 654 с.



- Голлербах М.М., Штина Э.А.** Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.
- Громов Б.В.** Коллекция культур водорослей Биологического института Ленинградского университета // Тр. Петергоф. биол. ин-та ЛГУ. 1965. Т. 19. С. 125–139.
- Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С.** Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. М.: Сов. наука, 1951. 620 с.
- Кудряшов И.К.** Путеводитель по Каповой пещере. Уфа: Башкирск. книжн. изд-во, 1969. 126 с.
- Кузяхметов Г.Г., Дубовик И.Е.** Методы изучения почвенных водорослей. Уфа: РИО БашГУ, 2001. 56 с.
- Ляхницкий Ю.С.** Шульгангаш. Уфа: Китап, 2002. 200 с.
- Матвишенко О.М., Догадіна Т.В.** Визначник прісноводних водоростей Української РСР. 10. Жовтозелені водорості – Xanthophyta. Київ: Наук. думка, 1978. 512 с.
- Мошкова Н.А., Голлербах М.М.** Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10 (1). Зеленые водоросли, класс Улотриксковые (1), порядок Улотриксковые. Л.: Наука, 1986. 360 с.
- Саут Р., Уиттик А.** Основы альгологии: пер. с англ. М.: Мир, 1990. 597 с.
- Сиренко Л.А., Сакевич А.И., Осипов Л.Ф., Лукина Л.Ф., Кузьменко М.И., Козицкая В.Н., Величко И.М., Мыслович В.О., Гавриленко М.Я., Арендарчук В.В., Кирпенко Ю.А.** Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. Киев: Наук. думка, 1975. 248 с.
- Смирнов А.И., Соколов Ю.В.** Карст и спелеология / Карст Башкортостана. Уфа, 2002. С. 301–340.
- Соколов Ю.В.** Пещеры Республики Башкортостан и спелеотуризм // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2009. Т. 14. № 4. С. 80–83.
- Царенко П.М.** Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.
- Amato A., Kooistra W.H.C.F., Levaldi G.J.H., Mann D.G., Pröschold T., Montresor M.** Reproductive isolation among sympatric cryptic species in marine diatoms // Protist. 2007. Vol. 158. P. 193–207.
- Ettl H., Fischer G.** Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 9. Chlorophyta I. Phytomonadina. Jena, 1983. 528 p.
- Guiry M.D., Guiry G.M.** AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 24.04.2014.
- Komarek J.** Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19. N 3. *Cyanoprokaryota*. III. *Heterocytous genera*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2013. 1033 pp.
- Komarek J., Anagnostidis. K.** Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19. N 1. *Cyanoprokaryota*. I. *Chroococcales*. Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm, 1999. 492 pp.

- Komárek J., Anagnostidis K.** *Cyanoprokaryota. II. Oscillatoriales* // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19. N 2. Jena; Stuttgart; Lübek; Ulm, 2005. 759 p.
- Komárek J., Fott B.** Chlorophyceae (Grünalgen): Chlorococcales // Binnengewässer. 1983. Bd. 16. N 1. 1044 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.** Süßwasserflora von Mitteleuropa / Bd. 2. Bacillariophyceae. T. 1. Naviculaceae. Jena: Gustav Fischer Verl., 1986. 876 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.** Süßwasserflora von Mitteleuropa / Bd. 2. Bacillariophyceae. T. 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Jena: Gustav Fischer Verl., 1988. 596 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.** Süßwasserflora von Mitteleuropa / Bd. 2. Bacillariophyceae. T. 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Jena: Gustav Fischer Verl., 1991a. 577 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.** Süßwasserflora von Mitteleuropa / Bd. 2. Bacillariophyceae. T. 4. Achnanthaceae. Jena: Gustav Fischer Verl., 1991b. 434 S.
- Round F.E.** The ecology of algae. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1981. 664 pp.
- Rugema E., Darchambeau F., Sarmento H., Stoyneva-Gärtner M., Leitao M., Thiery W., Latli A., Descu J.-P.** Long-term change of phytoplankton in Lake Kivu: The rise of the greens // *Freshwater Biology*. 2019. Vol. 64. P. 1940–1955.
- Sushchik N.N., Gladyshev M.I., Ivanova E.A., Kravchuk E.S.** Seasonal distribution and fatty acid composition of littoral microalgae in the Yenisei River // *J. Appl. Phycol.* 2010. Vol. 22. P. 11–24.