

СОСТАВ И ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭПИФИТНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАК ЭКОТОННЫХ СООБЩЕСТВ

Проведен анализ состава эпифитных водорослей рек Южного Урала и Предуралья. Изучена сезонная динамика, особенности вертикального распределения эпифитных водорослей на различных фитофорах в реке Белая и ряде малых рек. Выявлен комплекс доминирующих видов, дана характеристика водорослей по географическому распространению и экологическим параметрам. Установлены основные экологические факторы, определяющие состав массовых видов и регулирующие развитие прикрепленных водорослей водотоков.

В гидробиологии эпифитон наряду с эпиликоном, эпидендромом и эпизооном относят к сообществам, слагающим перифитон, выделяя их из бентоса [11, 14]. К эпифитам относится большая группа водорослей. М.М. Голлербах [9] рассматривал эпифитизм водорослей как примитивную форму симбиоза, при которой между участниками устанавливаются очень непрочные и кратковременные взаимосвязи. К.Л. Виноградова [4] предлагает под термином «эпифит» понимать растение, растущее на других растениях независимо от их пространственной связи, и рассматривает отношения между водорослями и партнерами, на которых они поселяются, как индифферентные, комменсальные, в той или иной мере симбиотические.

Наряду с высшей водной растительностью эпифитные водоросли служат естественным биофильтром между водосбором и водоемами [16]. Водоросли таких сообществ, особенно диатомовые, неподвижны или мало подвижны и поэтому отчетливо реагируют на комплекс физико-химических факторов водной среды. Это дает возможность исследовать ответную реакцию альгоценозов на различные воздействия и использовать ее для индикации антропогенного пресса на водные экосистемы [18, 27]. Как показали исследования последних лет, жизнь в водоемах концентрируется и наиболее активна в слоях воды, прилегающих к внешним и внутренним разделам, к активным поверхностям [12]. Таким пограничным, экотонным сообществом является эпифитон водных растений. Здесь соприкасаются очень разные по своим свойствам биотопы. Это активные поверхности, на которых формируются плотные скопления прикрепленных организмов, способных обрастать другие живые водные существа, крупные и мелкие, растения и животные [24]. Данная область еще крайне мало изучена, сведений о видовом составе, количестве, физиологическом, биохимическом и ином значении явления – совершенно недостаточно [12]. Эпифитон правомерно относить к категории эко-

тонов в том случае, если придерживаться определения, согласно которому экотоны – это переходная зона не только между двумя сообществами, но и между смежными различными биотопами [14].

Материал и методы исследования

В течение ряда лет нами были проведены исследования сезонной динамики, вертикального распределения эпифитных водорослей на различных фитофорах в реке Белая (среднем и нижнем течении), ряде малых рек Южного Урала и Предуралья. Отбор проб на всех реках производили в период летней межени. Сбор и обработка альгологического материала проводились по общепринятым в альгологии методам исследований [5]. Эколого-географическая характеристика водорослей проведена по литературным данным [1, 2, 22, 5, 20]. Полученные данные анализировали с применением методов сравнительной флористики. Для сравнения видового состава водорослей использовали коэффициент Серенсена.

Идентификацию водорослей проводили с использованием отечественных и зарубежных определителей. Таксономический список дан по классификации И.И. Васильевой-Кралиной [3]. Данные обрабатывали с помощью дисперсионного анализа по программе пакета Statistica, par Windows. V.5. Значимыми считали различия при $P \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

В ходе исследования была выявлена богатая в таксономическом отношении водорослевая флора водных эпифитов, в основном представленная водорослями 6 отделов: *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanophyta*, *Xanthophyta*, *Euglenophyta* и *Chrysophyta*.

Наибольшим видовым богатством характеризуются диатомовые водоросли – 166 видов, составляющих 62% от общего количества видов. Порядки *Raphales* и *Araphales* доминируют по количеству видов: 158 и 36 соответственно. Ве-

дущими родами среди диатомовых в альгофлоре являются *Navicula*, *Nitzschia*, *Cymbella*, *Fragilaria*, *Pinnularia*, *Synedra*, *Achnanthes*, включающие соответственно 36 (44)*, 23(24), 15(17), 11(12), 9(9), 8(12), 6(6) видов. К диатомовым водорослям относятся виды с наибольшей встречаемостью: *Achnanthes minutissima* Kütz., *Cocconeis placentula* Ehr., *Diatoma mesadon* (Ehr.) Kütz., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr., *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kütz., *Fragilaria intermedia* Grun., *F. virescens* Ralfs., *Diatoma vulgare* Bory, *Meridion circulare* Ag., *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabench., *Navicula exiqua* (Greg.) O. Mull, *Cymbella tumida* (Greg.) Cl, *Gyrosigma acuminatum* Ehr.

Представители отдела Bacillariophyta доминировали в эпифитоне всех рек по количеству видов. Их доля составляла от 64 до 80% за исключением рек степной (река Таналык) и северо-восточной лесостепной зон (река Ай). В этих реках доля диатомовых водорослей была не более 43%. Соответственно доля других ведущих отделов водорослей – зеленых и сине-зеленых составляла в целом по рекам 19% и 12%. А для рек Ай и Таналык соответственно 36-28% и 17-21%. Ведущими классами сине-зеленых водорослей были *Hormogoniophyceae* – 23 (23) и *Chroococcophyceae* – 12 (12) видов, а порядками – *Oscillatoriales* 19 (19) и *Chroococcales* 11 (11). Порядки представлены видами, характерными для лентических систем. Среди них и типичные реофилы из родов *Tolypothrix* и *Calothrix*. Преобладали представители родов *Oscillatoria*, *Merismopedia* и *Phormidium*. Видовое богатство зеленых водорослей формировалось представителями трех ведущих порядков *Chlorococcales* и *Desmidiiales*. Доминировали роды *Cosmarium*, *Closterium* и *Scenedesmus*. Такое соотношение таксонов водорослей, когда основу списка составляют диатомовые, зеленые и сине-зеленые водоросли, характерно для структуры фитоперифитона рек Карелии [13], сообщества прикрепленных водорослей малых рек бассейна Верхней Колымы [19]. Доминирование диатомовых водорослей в водоемах ненарушенных ландшафтов Большеземельской тундры и бассейна реки Печоры отмечено и в исследованиях М.В. Гецен [6-8]. В реках с высокой минерализацией (Уршак, Усолка) на втором месте стоят водоросли отдела Cyanophyta. Им незначительно уступают зеленые водоросли. Минерализация реки западного равнинного района Уршак составляет 1160 мг/л, реки предгорного района Усолка в изученных створах от 600 до 4500 мг/л [23].

Ведущими семействами водорослей являются *Naviculaceae* (69 видов), *Fragilariaceae* (28 видов), *Nitzschiaceae* (26 видов), *Oscillatoriaceae* (19 видов), *Surirellaceae* (14 видов), *Desmidiaceae* (12 видов), *Achnanthaceae* (11 видов), *Gomphonemataceae* (8 видов), *Desmidiaceae* (6 видов), *Merismopediaceae* (6 видов). На долю 10 ведущих семейств приходится 199 видов водорослей, или 66%. Процент одновидовых семейств в альгофлоре составляет 32,7% за счет сине-зеленых и зеленых – по 5 семейств, диатомовых – 3, желто-зеленых – 2 и золотистых – 1 семейство. Значительная доля одновидовых семейств водорослей является характерной чертой северных флор. Для фитопланктона водоемов юга Западной Сибири – 33,8% [10, 21], для водоемов Большеземельской тундры – 26% [8], эпифитных водорослей озер Якутии – 32,5% [17]. В пропорциях флоры насыщенность семейств родами высокая среди диатомовых, сине-зеленых и зеленых водорослей. Самая высокая вариабельность видов у диатомовых (13) и сине-зеленых водорослей (3, 9), у них и самая высокая родовая насыщенность видами.

Выявленный видовой состав эпифитных водорослей был охарактеризован по географичес-

Таблица 1. Таксономический спектр, пропорции флоры и родовая насыщенность эпифитных водорослей исследованных рек

Отдел	Число						Пропорции флоры			Родовая насыщенность таксонами	
	классов	порядков	семейств	родов	видов	видов, разновидностей	род сем.	вид сем.	в.и. р.	видовыми	видовыми и внутривидовыми
Cyanophyta	2	4	9	14	35	35	1,6	3,9	3,9	2,5	2,5
Euglenophyta	1	1	1	3	5	5	3	5	5	1,7	1,7
Chrysophyta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bacillariophyta	2	4	15	36	166	197	2,4	11	13	4,6	5,5
Xanthophyta	2	2	3	3	5	5	1	1,7	1,7	1,7	1,7
Chlorophyta	2	8	20	30	55	57	1,5	2,8	2,8	1,8	1,9
Beero	10	20	49	87	267	300	1,8	5,5	5,5	3,1	3,5

Таблица 2. Таксономический состав эпифитных водорослей исследованных рек (в числителе – количество видов и разновидностей, в знаменателе – %)

Отдел	Реки								
	Белая	Ай	Таналык	Уршак	Нугуш	Усолка	Узян	Саргая	Всего
Cyanophyta	16 11,7	9 17	9 20,8	11 11	3 6,4	13 10,8	5 9	3 7,5	35 11,7
Euglenophyta	0	0	2 4,7	4 4	0	2 1,6	0	0	5 1,6
Chrysophyta	1 0,7	0	0	0	0	0	1 2	0	1 0,3
Bacillariophyta	87 63,5	23 43	18 41,9	76 75	34 72,3	94 77	37 66	32 80	197 65,7
Xanthophyta	4 3	2 4	2 4,7	1 1	0	2 1,6	2 3,5	0	5 1,7
Chlorophyta	29 21,1	19 36	12 27,9	9 9	10 21,3	11 9	11 19,5	5 12,5	57 19
Итого	137	53	43	101	47	122	56	40	300

* Здесь и далее в скобках указано число видов вместе с разновидностями.

кому распространению и следующим экологическим параметрам: отношению к минерализации воды, отношению к активной реакции среды, приуроченности к местообитанию, к уровню органического загрязнения (таблица 3).

Эколого-географический анализ видового состава исследованных водотоков показал, что флора представлена в основном космополитными видами (72%), значительную часть составляют бореальные (23%) с относительно небольшим числом аркто-альпийских видов (5%). По отношению к рН воды большинство видов являются алкалофилами и индифферентами, меньшинство видов являются ацидофилами. По отношению к солености воды большинство видов являются индифферентными (67,6%). Хотя в среднем доля мезогалобов составляет 5,5%, в реках с высокой минерализацией их количество возрастает. Так, в Усолке доля мезогалобов и галофилов составляет 18% и 11% соответственно. В составе видов – индикаторов сапробности во всех реках преобладали β-мезосапробы и показатели промежуточных степеней загрязнения О-β и β-α сапробы, значительна доля олигосапробов.

При изучении альгоэпифитона р. Белой были выявлены достоверные различия в качественном и количественном распределении водорослей в зависимости от района, вида макрофитов, глубины отбора проб. Проявились они в динамике численности, обилия, встречаемости отдельных видов и групп водорослей. Альгоэпифитон представлен главным образом диатомо-

выми (63,5% от общего числа найденных видов), на втором месте зеленые (21,1%), на третьем сине-зеленые водоросли (11,7%) (табл. 2). Наибольшим видовым разнообразием (индекс Шеннона 0,8) и количеством эпифитных водорослей отличались пробы, взятые с макрофитов в среднем течении реки Белая. Наивысшего видового разнообразия эпифитон достиг на *Myriophyllum spicatum*, *Mentha aquatica*. Численность и биомасса эпифитных водорослей была самой большой на макрофите *Mentha aquatica*. В количественном отношении эпифитные группировки водорослей были представлены неодинаково на различных видах высших растений, но строгой приуроченности определяемых видов водорослей к различным макрофитам не наблюдалось. В целом максимальное относительное обилие и частота встречаемости водорослей обнаружены на глубине 20 см – 42,5% и на глубине 50-60 см – 42%. Наивысшего значения эти показатели достигают за счет таких видов, как *Navicula rhynchocephala* Kütz., *N.cryptocephala* Kütz., *Cocconeis pediculus* Ehr., *Amphora ovalis* Kütz., *Cymbella lanceolata* (Ehr.). При изучении распределения эпифитных водорослей на макрофитах в зависимости от глубины было выявлено: встречаемость сине-зеленых, диатомовых водорослей на глубине 50-60 см достигает максимального значения. У зеленых водорослей она достигает минимального значения на этой глубине, а максимального – на глубине 20 см. Эпифитные водоросли разных видов макрофитов одного местообитания дают наиболее близкие результаты по качественным и количественным показателям. Изучение водотоков (верховье реки Белой, рек Узян и Саргая) на территории Башгосзаповедника показало, что эпифитные водоросли во всех пробах относились в основном к представителям отдела Bacillariophyta, что характерно для водотоков с холодной водой (температура воды не превышала 10-15⁰ С) и быстрым течением. Всего на изученных фитофорах *Petasites spurius* (Retz.) Reichenb. и *Carex riparia* Curt. было выявлено 68 таксонов водорослей, принадлежащих к 4 отделам. По числу встреченных видов доминировали водоросли родов *Cymbella*, *Fragilaria*, *Nitzschia*, *Achnanthes*, а из отдела Chlorophyta – роды *Scenedesmus* и *Cosmarium*. Численность альгоэпифитона также была обусловлена диатомовыми водорослями, причем максимальных значений она достигала в реке Саргая (620 тыс. клеток/см²) на участке с быстрым течением за счет мелких диатомей *Achnanthes minutissima* Kütz., *Cymbella turgida* (Greg.) Cl.,

Таблица 3. Экологический спектр альгофлоры изученных рек

Группы	Число таксонов	% от числа таксонов группы
Местообитания		
планктонные	41	18,6
бентосные	116	52,5
эпифиты	28	12,7
эвритонные	36	16,2
категории галобности		
олигогалобы		
галофобы	20	9,1
индифференты	148	67,6
галофилы	39	17,8
мезогалобы	12	5,5
категории индикаторов рН		
алкалофилы	86	48,9
индифференты	73	41,5
ацидофилы	17	9,6
категории сапробности		
х	4	2,3
х-о	5	2,7
о	32	17,5
о-в	36	19,7
в	71	38,2
в-б, б-в, б	36	19,6

Условные обозначения: х-ксеносапробы; х-о ксено-олигосапробы; о – олигосапробы; в-мезосапробы; б-мезосапробы

Gomphonema constrictum Ehr. Видовой состав и численность эпифитона варьировали в зависимости от скорости течения и степени эвтрофирования. Большинство встреченных индикаторных видов водорослей относится по шкале сапробности к β-мезосапробной зоне, некоторые, встреченные в реках Саргая, Узьян и верхнем течении реки Белая, к ксено- и олигосапробной зоне. В пробах реки Белой ниже по течению деревни Старо-Субхангулово начинают встречаться виды родов *Oscillatoria* и *Phormidium*, характерные для β-мезосапробной зоны, снижается общее количество видов (с 25 до 14) и возрастает численность водорослей со 154 до 347 тыс. клеток/см².

Таким образом, на формирование эпифитона оказывают воздействие множество экологических факторов, в числе которых межвидовые взаимосвязи, влияние факторов среды, строение и защитная реакция растений-хозяев, возраст различных частей таллома вида-базифита и другие [26]. Количество факторов среды, влияющих на пространственное распределение эпифитов, очень велико, основными из них являются: глубина, те-

чение, вид дна. Наиболее широко представлены водоросли отделов *Bacillariophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta*. Для флористического состава группировок обрастаний характерны как типичные эпифиты, так и бентосные и планктонные водоросли. Наибольшим таксономическим разнообразием выделяются роды *Navicula*, *Nitzschia*, *Cymbella*, *Fragilaria*, *Pinnularia*, *Synedra*, *Achnanthes* отдела *Bacillariophyta*, *Oscillatoria*, *Merismopedia* и *Phormidium* отдела *Cyanophyta*, *Cosmarium*, *Closterium* и *Scenedesmus* отдела *Chlorophyta*. Наибольшим видовым разнообразием отличаются роды *Navicula* Bory, *Nitzschia* Ag., *Synedra* Ehr., *Cymbella* Ag., *Cosmarium* Corda, *Lyngbia* (Ag.) Gom. Таким образом, структура альгоценозов исследованных рек определяется в основном водорослями родов, составляющих основу «северного» типа альгофлоры по П.П. Ширшову [25]. «Южный» тип представлен диатомовыми из родов *Cocconeis*, *Cymbella*, *Gomphonema* и зеленой водорослью *Cladophora glomerata* [19]. Разнообразие альгоценозов рек формируется либо благодаря включению в них новых таксонов, либо изменением соотношения одних и тех же видов.

Список использованной литературы:

1. Барина С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей – индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука, 1996. – 364с.
2. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. WEB: <http://www.herba.msu.ru/algae/>
3. Васильева-Кралина И.И. Альгология. Часть 1. Якутск: Изд-во Якутского ун-та, 1999. – 101с.
4. Виноградова К.Л. Эпифитизм водорослей, уточнение терминологии. // Бот. журн. – 1976. – Т.74. – №9. – С.1291-1293.
5. Водоросли. Справочник. под ред. Вассера С.П. – Киев: Наукова думка, 1989. – 608 с.
6. Гецен М.В. Альгофлора водоемов в долине Средней Печоры// Тр. Коми филиала АН СССР, 1971.– №22.-с.16-26.
7. Гецен М.В. Водоросли бассейна Печоры: состав и распространение.-Л.: Наука, 1973.-147с.
8. Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л.,1985. – 165с.
9. Голлербах М.М. Водоросли и их отличие от других растений. – М.: Просвещение, 1977. – С.360-364. – (Жизнь растений; Т.3).
10. Ермолаев В.И. Фитопланктон крупных Чано-Барабинских озер юга Западной Сибири, его видовое разнообразие и таксономическая структура // Сиб. экологич. журн. Т. 5, № 2. 1998. С. 137-145.
11. Жадин В.И., Герд С.В. Реки, озера и водохранилища СССР. Их фауна и флора. – М.: Просвещение, 1961. – 598с.
12. Зайцев Ю.П. Экотон Черного моря //Экотон в биосфере.– М.:Изд. РАСХН., 1997. – С.242-258.
13. Комулайнен С.Ф. Формирование структуры фитоперифитона рек Карелии. – Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – Санкт-Петербург, 2003. – 19с.
14. Константинов А.С. Общая гидробиология. – 4 изд. – М.:Высш. шк.,1986.– 472с.
15. Костикова Л.Е. Группировки водорослей перифитона в условиях естественного гидрологического режима реки и после ее зарегулирования.// 8 Конференция по спорным раст. Средней Азии и Казахстана.-Ташкент.-1989.-с.25-26.
16. Костикова Л.Е. Динамика перифитона Киевского водохранилища // Гидробиол.журн. – Киев, 1989, Т.25, № 2.
17. Копырина Л.И. Эпифитные водоросли старичных озер средней Лены: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – Москва, 2001. – 23с.
18. Никулина В.Н. Опыт использования различных методов оценки степени загрязнения вод по альгофлоре// Методы биологического анализа пресных вод. Л., 1976. – С.38-58.
19. Потапова М.Г. Состав и распределение сообществ прикрепленные водорослей малых рек бассейна Верхней Калымы. // Бот. жур. – 1992. – Т.77. – №1. – С.83-91.
20. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли показатели солености воды// Диатомовый сборник. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1953. С.186-204
21. Сафонова Т.А., Ермолаев В.И. Водоросли водоемов системы озера Чаны.-Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 152с.
22. Стенина А.С. Диатомовые водоросли в водных экосистемах бассейна р. Мезень как показатели эвтрофных условий среды// Трансформация экосистем Севера в зоне интенсивной заготовки древесины. Сыктывкар, 1997. С. 118-125.
23. Файзуллин З.З. Курорт Красноусольск. – Уфа.: Башк. кн. изд-во, 1989. – 95с.
24. Шарипова М.Ю. Эпифитные водоросли водоемов и водотоков Южного Урала. Ботанические исследования в азиатской России: Материалы X Съезда Русского ботанического общества. Т. 1. – Барнаул: Изд-во «Азбука», 2003.-С.150-151.
25. Ширшов П.П. Сравнительный очерк ценозов реофильных водорослей р. Туломы и некоторых других водоемов// Труды БИН АН СССР, сер.2 Спорные растения.Л., 1933. – Вып.1.– С.665-693.
26. Arrontes I. Cosmopositin, distribution on host, and seasonality of epiphytes on three intertional algae// Bot. Mar. – 1990. – 33, – №2, – С.205-211.
27. Cattaneo A., Methot, G., Pinel-Alloul B., Niyonsenga T.& Lapiere L.Epiphyte size and taxonomy as biological indicators of ecological and toxicological factors in Lake St.-Francois (Quebec)// Environmental Pollution.– 1995.– 87. – С. 357-372.