

Таким образом, оптимизация условий культивирования перспективных штаммов необходима с учетом свето- и солеустойчивости.

Водоросли из родов *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Nostoc*, *Euglena*, *Dunaliella* рекомендуются как перспективных объекты биотехнологии, т. к. не требуют сложных условий культивирования, обладают высокой скоростью накопления биомассы, характеризуются устойчивостью к загрязнению другими микроорганизмами, содержат в своем составе полный набор аминокислот и других биологически активных веществ.

Литература

Абдуллаев А.А. О некоторых результатах исследования рода *Dunaliella* Teod (*Chlorophyta*) в Узбекистане // Альгология. 1999. Т. 9, № 2. С. 5.

Бердыкулов Х.А. Биологические особенности перспективных фототрофных микроводорослей и методы их массового культивирования: Автореф. дис....док. биол. наук. Ташкент, 1991. 37 с.

Вознесенский В.А., Глаголова Т.А. Фотосинтез и дыхание растений в разных условиях среды // Фотосинтез и продукционный процесс. М., 1988. С. 79.

Исмоилходжаев Б.Ш. Физиолого-биохимические особенности зеленых и эвгленевых микроводорослей и перспективы их применения: Автореф. дис....док.биол.наук. Ташкент, 1991. 46 с.

Урмыч Е.М. Оптимизация фотосинтетической продуктивности светоустойчивых штаммов микроводорослей: Автореф. дис....канд. биол. наук. Ташкент, 1999. 21 с.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА И ФИТОПЕРИФИТОНА В ВОДОЕМАХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Чекрыжева Т.А.¹, Комулайнен С.Ф.²

¹Петрозаводск, Институт водных проблем севера Карельского научного центра РАН

²Петрозаводск, Институт биологии Карельского научного центра РАН

Республика Карелия, расположенная на севере Европейской части России, имеет хорошо развитую гидрографическую сеть, относящуюся к бассейнам Белого (57%) и Балтийского морей (43%) (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1972). Основными структурными элементами гидрографической сети Карелии являются водоемы (озера и водохранилища). На территории Карелии насчитывается 61,1 тыс. озер суммарной площадью около 18 тыс. км². Озерность территории составляет 12%, являясь одной из самых высоких в мире. На территории республики протекает 26,7 тыс. водотоков с общим протяжением около 83,0 тыс. км. Густота гидрографической сети составляет в целом 0,53 км/км². Для Карелии характерен специфический «карельский» тип поверхностных вод (Каталог озер и рек Карелии, 2001) с широкой вариабельностью рН (4.2–7.5), суммы ионов (5–200 мг/л), цветности (5–300 град. Pt – Со шкалы). Особенностью гидрохимии карельских водоемов является низкая минерализация вод и высокое содержание природных окрашенных органических соединений гумусовой природы.

Исследования альгофлоры водных экосистем республики Карелия имеют длительную историю, достаточно полно представленную в работе (Комулайнен и др., 2006). Материалом для настоящей работы послужили результаты многолетних (1971–2004 гг.) исследований, выполненных на 273 разнотипных водоемах, расположенных на территории Карелии и относящихся к бассейнам Белого (37 озер, 34 реки) и Балтийского (153 озера, 49 рек) морей. В бассейне Белого моря обследованы озера и реки бассейнов рек Ковда, Кемь, Выг и побережья Белого моря. В бассейне Балтийского моря изучены водоемы бассейнов Онежского (бассейны рек Водла, Суна, Шуя, побережье Онежского озера) и Ладожского озер (бассейны рек Вуокса, Свирь, Северное побережье Ладожского озера) (Комулайнен, Чекрыжева, Вислянская, 2006).

Пробы фитопланктона и перифитона отобраны и обработаны по стандартным (Кузьмин, 1975, 1984) и модифицированным методикам (Комулайнен, Круглова и др., 1989; Комулайнен, 2003). Эколого-географическую характеристику водорослей осуществляли, ориентируясь на системы, принятые в экологии и биогеографии видов и обширные литературные сведения. Видовую идентификацию водорослей выполняли используя отечественные определители, а также многочисленные сводки зарубежных авторов.

К настоящему времени в альгофлоре обследованных озер и рек Карелии установлено 1092 таксона, которые относятся к 221 роду, 96 семействам, 41 порядку, 10 классам и 10 отделам. Распределение таксонов по систематическим отделам оказалось следующим: *Bacillariophyta* – 482 (44%), *Chlorophyta* – 294 (27%), *Cyanophyta* – 146 (13.5%), *Chrysophyta* – 92 (8,5%), *Euglenophyta* – 33 (3%), *Xanthophyta* – 14 (1,5%), *Cryptophyta* – 12 (1%), *Dinophyta* – 11 (1%), *Rhodophyta* – 7 (0,5%) таксонов. Рафидофитовые (*Raphidophyta*) водоросли представлены единственным видом – *Gonyostomum semen* (Ehr.) Deis.

Обнаружено, что 80 (83%) семейств входит в состав четырех отделов: зеленых (32%), синезеленых (24%), диатомовых (19%) и золотистых (8%) водорослей и включает 1014 таксонов или 93%. Соотношение таксонов, когда основу списка (>90%) составляют представители вышеперечисленных отделов водорослей, характерно как для всех обследованных карельских водоемов, так и для других водоемов северо-западных и северо-восточных бореальных и субарктических территорий России и Феноскандии.

Ведущими по таксономическому разнообразию оказались 22 семейства водорослей, объединяющие 815 таксонов, что составляет 74.6% от общего их количества. Первые места по числу таксонов занимают семейства, принадлежащие к разным отделам: *Naviculaceae* (Bacillariophyta) – 131, *Desmidiaceae* (Chlorophyta) – 104, *Fragilariaceae* (Bacillariophyta) – 55, *Eunotiaceae* (Bacillariophyta) – 50 таксонов. Анализ родового спектра выявил группу наиболее таксономически значимых родов. В эту группу входят 26 родов или 12% от общего числа всех родов флоры.

Характерной чертой бореальных флор является большое количество одновидовых семейств и родов. В изученной флоре водоемов Карелии одновидовые семейства составили 28%, а одновидовые роды – 46%.

Диатомовые водоросли в водных экосистемах Карелии являются одной из ведущих по видовому разнообразию групп, что характерно для всех типов водоемов Арктики и Субарктики. Разнообразие диатомей в карельских озерах и реках определяют представители двух классов Pennatophyceae (434 таксона) и Centrophyceae (47 таксонов). В составе диатомовой альгофлоры (482 таксона) наиболее значимыми оказались два порядка – *Raphales* (359 таксонов) и существенно менее разнообразно представленный порядок *Araphales* (75 таксонов). Наиболее богаты таксонами из пенатных водорослей роды *Navicula* (54), *Eunotia* (50), *Pinnularia* (39), *Cymbella* (31), *Nitzschia* (31), *Achnanthes* (28), *Gomphonema* (28), *Fragilaria* (25), а из центрических – *Aulacoseira* (17) и *Cyclotella* (14).

Широко распространенными в альгофлоре всех типов водоемов и наиболее обычными в них оказались представители порядка *Raphales*, такие виды как *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. var. *fenestrata*, *Tabellaria fenestrata* var. *intermedia* Grun. var. *intermedia*, *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz. *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr. var. *ulna*. В озерах очень широкое распространение имеют пеннатные диатомеи *Asterionella formosa* Hass. var. *formosa* и *Fragilaria crotonensis* Kitt.

В альгофлоре перифитона рек разнообразие центрических диатомей из родов *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Melosira* и *Aulacoseira* значительно меньше, чем в планктоне озер. Наиболее обычны из рода *Aulacoseira* виды *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Simonsen f. *islandica*, *Aulacoseira italica* subsp. *subarctica* (O. Müll.), *Aulacoseira distans* (Ehr.) Kütz. f. *distans*, *Aulacoseira ambigua* (Grun.) O. Müll. и *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Rolfs f. *granulata*. В озерах виды указанных родов имеют очень широкое распространение.

Зеленые водоросли (294 таксона) по видовому разнообразию уступают только диатомовым. Видовое богатство этой группы определяют, главным образом, представители семейства десмидиевых из родов *Cosmarium* (40), *Closterium* (21), *Staurastrum* (17 таксонов). В планктоне озер десмидиевые водоросли имеют широкое распространение, тогда как в составе альгоценозов перифитона они встречаются единично и не играют большой роли в формировании их структуры. Хлорококковые водоросли широко распространены в озерах, а также в перифитоне притоков озер. Их видовое разнообразие формируется в основном за счет видов из родов *Scenedesmus* (23), *Ankistrodesmus* (18 таксонов). Вольвоксовые – наименее разнообразный порядок зеленых водорослей. Они представлены немногочисленными видами из родов *Chlamydomonas*, *Pandorina*, *Eudorina*, *Volvox*, *Phacotus*, которые являются обязательным элементом планктона озер.

Из синезеленых водорослей, занимающих по богатству видов третье место (146 таксонов), наиболее разнообразны роды *Anabaena* (24) и *Oscillatoria* (19 таксонов). Ряд видов планктонных синезеленых водорослей из родов *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Gloeotrichia* в водоемах умеренной зоны вызывают «цветение воды». Эти виды являются типичными для позднелетней альгофлоры карельских озер и при интенсивной летней вегетации могут оказаться возбудителями «цветения».

Видовое разнообразие золотистых водорослей в озерах Карелии формируется за счет видов из родов *Dinobryon* (24), *Mallomonas* (21 таксонов) и ряда нанопланктонных форм из родов *Kephyrion* (9), *Chrysococcus* (6), для которых характерно круглогодичное развитие в фитопланктоне водоемов Арктики и Субарктики.

Эвгленовые водоросли являются обязательным компонентом фитопланктона и их разнообразие в карельских озерах формируется, главным образом, представителями из родов *Trachelomonas* (17 таксонов) *Euglena* (9) и *Phacus* (5).

Доля участия других отделов *Xanthophyta*, *Cryptophyta*, *Dinophyta*, *Rhodophyta* в формировании альгофлоры водоемов Карелии невысокая.

Видовое разнообразие альгофлоры обследованных водоемов определяется главным образом многообразием гидролого-гидрохимических и экологических условий. Для альгофлоры водоемов Карелии характерно преобладание космополитных форм (73%) при существенной доле бореальных (16%) и северо-альпийских

(11%) видов, что свидетельствует о ее холодолюбивости. Большинство видов по характеру местообитания относилось к планктонным (53%) формам. Обитателей бентоса (18%) и обрастаний (14%), представленных в основном диатомовыми водорослями, значительно меньше.

Озера и реки Карелии имеют очень низкую концентрацию растворенных солей. Отношение к солёности воды оказалось возможным оценить для 609 (56%) видов водорослей. Помимо олигогалобов, среди которых преобладают индифференты (67%), встречаются галофильные (9%), которые могут существовать в условиях повышенной минерализации воды и галофобные (14%) виды. Кроме того, выявлены мезогалобные формы (6 таксонов) из числа диатомовых.

Помимо олигогалобов, среди которых преобладают индифференты, встречаются галофильные виды (*Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Sm., *Navicula radiosa* Kütz. var. *radiosa*, *Navicula cryptocephala* Kütz. var. *cryptocephala*, *Cocconeis pediculus* Ehr. var. *pediculus*, *Synedra capitata* Ehr., *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O. Müll. var. *gibba*), которые могут существовать в условиях повышенной минерализации воды.

Для большинства карельских водоемов характерно преобладание по отношению к кислотности водной среды видов-индифферентов (66%) при значительной доле алкалофильных (24%) и ацидофильных (10%) форм. Таких видов – показателей закисленности озера, наряду с диатомовыми (*Frustulia rhomboids* (Ehr.) D.T. var. *rhomboids*, *Eunotia robusta* var. *diadema* (Ehr.) Rolfs., *Eunotia praerupta* Ehr. var. *praerupta*) достаточно много оказалось из золотистых водорослей (роды *Dinobryon*, *Mallomonas*, *Synura*).

Качество или степень органического загрязнения воды обследованных водоемов оценивалось по 479 (44% от общего списка) выявленным видам-индикаторам сапробности, большинство из которых (404 вида или 84%) относится к олиго-, олиго-β- и β-мезосапробным формам. Ксеносапробы, или водоросли, способные быть показателями очень чистых вод, малочисленны. В основном, это представители диатомовых – *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grun. var. *lanceolata*, *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kütz. var. *arcus*, *Cymbella helvetica* Kütz. var. *helvetica*, *Eunotia lunaris* (Ehr.) Grun. var. *lunaris*, *Meridion circulare* (Grev.) Ag. var. *circulare*. Мало в фитопланктоне озера и видов, характеризующих более сильное загрязнение (β-α и α-сапробные условия). Ими являются представители синезеленых (*Oscillatoria sancta* (Kütz.) Gom. f. *sancta*, *Oscillatoria splendida* Grev., *Oscillatoria tenuis* Ag.), зеленых (*Chlamydomonas incerta* Pasch., *Chlamydomonas reinhardii* Dang., *Gonium pectorale* O.F. Miller), эвгленовых (*Euglena caudata* Hubner var. *caudata*, *Euglena polymorpha* Daug.), диатомовых (*Stephanodiscus hantzschia* Grun. f. *hantzschia*, *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm. var. *acicularis*) водорослей. В то же время выявленные β-мезосапробные виды криптофитовых водорослей родов *Crocomonas* и *Cryptomonas* в полисапробной зоне, находящейся, как правило, вблизи от источника загрязнения, могут иметь значительные численности своих популяций и быть индикаторами органического загрязнения.

Оценка качества воды с использованием индикаторных организмов по Пантле-Букку в модификации Сладечека выявила олиго-β-мезосапробный характер вод в обследованных озерах и реках республики, что позволило отнести их к разряду вполне чистых или слабо загрязненных. Рассчитанные индексы сапробности находились в пределах значений 1,0–2,5. Отмечается некоторое повышение сапробности в водоемах, в которые поступают сточные воды с водосборов, от населенных пунктов и промышленных узлов.

Таким образом, анализ флористического состава фитопланктона и фитоперифитона исследованных озера и рек Карелии выявил, что видовое разнообразие альгофлоры в них определяют диатомовые, зеленые, синезеленые и золотистые водоросли, составляющие более >90% флористического списка.

Эколого-географический анализ альгофлоры показал, что для фитопланктона и фитоперифитона водоемов и водотоков Карелии характерно преобладание космополитных форм (73%) при существенной доле бореальных (16%) и северо-альпийских (11%) видов. В водоемах преобладают индифферентные по отношению к солёности и активной реакции среды виды. Большинство видов-индикаторов сапробности относится к олиго-, олиго-β- и β-мезосапробным формам. Выполненная оценка качества воды с использованием индикаторных организмов выявила олиго-β-мезосапробный характер вод в обследованных озерах и реках, что позволило отнести их к разряду вполне чистых или слабо загрязненных.

Литература

- Каталог озера и рек Карелии. Петрозаводск, 2001. 290 с.
 Комулайнен С.Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск, 2003. 43 с.
 Комулайнен С.Ф., Антпина Г.А., Вилянская И.Г., Иешко Т.А., Лак Г.Ц., Чекрыжева Т.А., Шаров А.Н., Шелехова Т.С. Библиография работ по водорослям Европейского Севера России (Республика Карелия, Мурманская область). Петрозаводск, 2006. 66 с.
 Комулайнен С.Ф. Круглова А.Н., Хренников В.В., Широков В.А. Методические рекомендации по изучению гидро-биологического режима малых рек. Петрозаводск, 1989. 41 с.

Комулайнен С.Ф., Чекрыжева Т.А., Вислянская И.Г. Альгофлора озёр и рек Карелии. Таксономический состав и экология. Петрозаводск, 2006. 81 с.

Кузьмин Г.В. Фитопланктон // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. С. 73–84.

Кузьмин Г.В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан, 1984. 47 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-запад. М., 1972. 525 с.

МАЛОИЗВЕСТНЫЕ СООБЩЕСТВА КРИПТОГАМНЫХ МАКРОФИТОВ В РЕКАХ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

Чемерис Е.В., Бобров А.А.

пос. Борок, Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

На протяжении ряда лет нами проводится изучение растительного покрова ручьёв, малых и средних рек на севере европейской России. В ходе этой работы было обследовано около 250 водотоков, а территория исследования охватывает бассейны Верхней Волги, Онежского озера и Северной Двины. Она расположена приблизительно между 57°00' и 65°00' с. ш. и 35°00' и 48°00' в. д. В реках помимо сообществ водных сосудистых растений представлены, а при некоторых условиях доминируют, ценозы других систематических групп: макроскопических водорослей, печёночников, мхов, так называемых криптогамных макрофитов. Эти фитоценозы редко попадают в отечественные сводки по растительности водных объектов (Свириденко, 2000; Бобров и др., 2005; Чемерис, Бобров, 2006). Однако они широко распространены, вносят большой вклад в первичную продукцию в водотоках и достаточно разнообразны. Так, для исследованной территории отмечены сообщества, относящиеся к 21 ассоциации, 12 союзам, 7 порядкам и 6 классам классификации направления Браун-Бланке. Ниже приводится краткий обзор выявленных ценозов криптогамных макрофитов. Материал изложен по систематическому принципу. С иерархической системой этих сообществ можно ознакомиться в нашей отдельной работе (Бобров, Чемерис, 2006).

Сообщества макроскопических водорослей. Одни из самых обычных в растительном покрове водотоков территории — ценозы с доминированием зелёных нитчатых и жёлтозелёных сифонных водорослей (*Cladophora* Kütz., *Vaucheria* DC. и др.), как прикреплённых ко дну или субстрату, так и свободно плавающих, образующих скопления (маты) в толще или на поверхности воды. Нами выявлены сообщества с доминированием *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (acc. *Cladophoretum glomeratae* Sauer 1937), *C. fracta* (O.F. Müll. ex Vahl) Kütz. (acc. *Cladophoretum fractae* Sauer 1937), *Vaucheria dichotoma* (L.) C. Agardh (acc. *Nitello-Vaucherietum dichotomae* (S. Pass. 1904) Krausch 1964), *Stigeoclonium tenue* (C. Agardh) Kütz. (acc. *Stigeoclonietum tenue* (Fjerd. 1964) Arendt 1982), характеризующие участки рек со слабым течением и незначительными нарушениями (Fjerd. 1964; Бобров и др., 2005). Вспышки развития этих ценозов часто связаны с умеренным притоком органического загрязнения и осветлением русла в результате хозяйственной деятельности человека. Для более благополучных и с большими скоростями течения участков рек характерны сообщества *Cladophora glomerata* и *Vaucheria sessilis* (Vauch.) DC. (acc. *Vaucherio-Cladophoretum* Weber-Oldecop ex A.A. Bobrov et al., 2005). Также в проточной воде отмечены ценозы *Draparnaldia mutabilis* (Roth) Cedergr. (acc. *Draparnaldietum mutabilis* nom. prov.). Все перечисленные фитоценозы имеют циклический характер развития с пиками в весенний и осенний периоды, распространены они повсеместно и не только в реках (Бобров и др., 2005).

Сообщества красных водорослей встречаются на территории исследования не так широко, вероятно, из-за весьма специфичных требований видов-ценозообразователей к условиям обитания (Eloranta, Kwandrans, 1996). Фитоценозы с доминированием *Lemanea borealis* G.F. Atk., *L. fluitans* (L.) C. Agardh, *L. rigida* (Sirod.) De Toni (acc. *Lemaneetum fluviatilis* Weber-Oldecop 1974) характерны для быстрых (скорость течения до 1–1,5 м/с и более), порожистых, хорошо освещённых участков малых и средних рек с выходами коренных пород. Сообщества *Batrachospermum gelatinosum* (L.) DC. (acc. *Batrachospermetum gelatinosi* Bobrov et Chemeris 2006) встречаются в руслах водотоков с умеренным и слабым течением, при сильном затенении местообитаний, часто в местах выхода грунтовых вод. Ценозы *B. turfosum* Bory и/или *B. keratophytum* Bory (acc. *Batrachospermetum vagi* Donat 1926) развиваются в тёмноцветных, кислых (pH<6) водотоках со слабым течением, вытекающих из болот и кислых озёр. Циклика развития сообществ пресноводных багрянок напрямую связана с гидрологическим режимом рек (чередованием паводков и межень), они достигают пика к концу июля – началу августа. В географическом отношении сообщества пресноводных багрянок тяготеют к северо-западной части территории исследования (Карелия, запад Архангельской и северо-запад Вологодской обл.), где отмечены на участках рек с выходами коренных пород (известняков, доломитов, гранитов). Исключение составляют ценозы асс. *Batrachospermetum gelatinosi*, спорадически встречающиеся в реках по всему региону.

Сообщества харовых водорослей в целом более характерны для озёрных условий, в реках были выявлены только фитоценозы *Chara vulgaris* L. (acc. *Charetum vulgaris* Corill. 1957). По сути, это эфемерные сообщ-