ФИТОПЛАНКТОН И ФИТОПЕРИФИТОН В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КАРЬЕРНЫХ ВОДОЕМАХ ОТРАБОТАННЫХ МЕЛОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (БЕЛАРУСЬ)

Тамара А. МАКАРЕВИЧ, Ирина В. САВИЧ
Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь,
makarta@tut.by

The studies ofphytoplankton andphytoperiphyton were conducted on sixquarry reservoirs, whose age ranges fromless than 1 yearto 60 years. Communities in these waterbodies undergo different stages of ecological succession. It has been shown that the phytoplankton in the early stages of succession (<1 year after flooding ofquarry) is characterized by low values of density and biomass with absolute dominance in biomass of the large colonial algae Dinobryon divergens Jmhof (Chrysophyta). By the number of algae species in the plankton and periphyton of then ewly flooded reservoir (age less than 1 year) dominant were diatoms, while in other reservoirs green algae were dominating. The structure parameters of phytoplankton and phytoperiphyton in the quarry reservoir with the age about 20 years were similar to that in the long-lived (nearly 60 years) reservoirs. This fact gives the evidence of a relatively highspeed of the succession process in plankton and periphyton communities in such reservoirs.

Ключевые слова: карьерные водоемы; фитопланктон; фитоперифион; структура сообществ; экологическая сукцессия

Введение

Водоемы, сформированные в результате заполнения грунтовыми водами, водами поверхностного стока и атмосферными осадками карьеров, образованных открытой добычей нерудных полезных ископаемых, являются чрезвычайно интересными объектами для изучения с позиций как прикладной, так и теоретической лимнологии. Во-первых, представления о струкрурно-функциональной организации экосистем, о специфике их развития, связанной с комплексным влиянием природных и техногенных факторов, необходимы для разработки научно-обоснованных подходов к управлению искусственно созданными водными объектами с целью обеспечения их устойчивого функционирования. Во-вторых, вновь созданные экосистемы можно использовать в качестве натурных моделей для изучения эволюции озер, детального исследования сукцессионных процессов. Формирование и развитие экосистем затопленных карьеров, образованных после выработки месторождений мела, песка, гравия, представляет собой пример редко встречающейся в природе первичной экологической сукцессии.

Лимнологические исследования карьерных водоемов Беларуси начаты в 80–90-ые годы прошлого века [3, 4]. Однако сообщества гидробионтов изучены крайне слабо. В частности по фитопланктону имеются единичные данные, а по перифитону сведения отсутствуют. Исследования фитопланктона и фитоперифитона разновозрастных карьерных водоемов отработанных меловых месторождений выполнены с целью анализа структуры сообществ на разных стадиях сукцессионного процесса.

Материал и методика

Материал собран в июле 2012 г. в рамках комплексной научной экспедиции по изучению водных объектов отработанных меловых карьеров месторождений Россь и Колядичи (Гродненская обл., Беларусь) [1].Возраст карьерных водоемов месторождения Россь (Голубой, Лазурный, Россь-линза 2 и Россь-линза 4) составляет около 60 лет, водоема Колядичи-линза 3 – около 20 лет, Колядичи-линза 14 – менее 1 года (на период обследования).

Все водоемы достаточно глубокие и близки по своим морфометрическим характеристикам. Особенностью водоемов являются крутые, почти отвесные берега, высотой до 50–60 м. Водосборы небольшие, в целях биологической рекультивации высажен лес. Данные морфометрических и батиметрических обследований есть по двум водоемам – Голубой и Лазурный [4]. Площадь водоема Голубой 5,4 га, максимальная глубина 14 м, средняя глубина 8,4 м, площадь водосбора 167 га; соответствующие показатели для водоема Лазурный составляют – 2,29 га; 5,1 м; 3,8 м; 151 га.

Обследованные водоемы близки по основным физико-химическимхарактеристикам водной массы (таблица 1). Величины показателей в целом укладываются в диапазон значений для естественных озер региона.

Пробы фитопланктона отобраны в прибрежной части с глубины 0,5 м. Концентрировали планктон осадочным методом, фиксировали раствором Утермеля, плотность и биомассу фитопланктона определяли стандартным счетно-объемным методом. Образцы перифитона во всех водоемах собраны с хвоща, тростника и рдестов в прибрежной зоне с глубины 0,3–0,5 м. Камеральную обработку проб проводили при помощи микроскопа марки ZeissAxiolab при увеличении ×100, ×400, ×1000 на живом и фиксированном материале.

Таблица 1.

Физико-химические характеристики обследованных карьерных водоемов [1]

Показатель	Водоем					
	Колядичи-линза 14	Колядичи-линза 3	Россь-линза 2	Россь-линза 4	Россь-Лазурный	Россь-Голубой
Водородный показатель (pH)	8,29	8,34	8,04	7,20	6,98	7,09
Цветность, °Pl-Co шкала	6	21	12	32	3	18
Гидрокарбонаты, мг/дм^3	109,84	109,84	146,45	109,84	122,04	158,65
Кальций, Ca^{2+}, мг/дм^3	28,86	32,06	32,06	25,65	38,48	40,08
Магний, Mg^{2+}, мг/дм^3	10,70	5,84	5,84	3,89	5,84	9,73
Нитриты, мг NO_2^- /дм^3	0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Нитраты, мг NO_3^- /дм^3	5,6	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ионы аммония, мг NH_4^+ /дм^3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Фосфаты, мг PO_4^{3-} /дм^3	< 0,015	0,030	< 0,015	0,093	< 0,015	0,036
Минерализация, мг/дм^3	196,9	194,9	254,7	150,8	201,7	244,2

Результаты и их обсуждение

В планктоне и перифитоне обследованных карьерных водоемов выявлено соответственно 88 и 89 видов водорослей. При одинаковом показателе видового богатства обеих биотопических группировок водорослей таксономическая структура их существенно различается. Водоросли планктона относятся к 8 отделам, из которых наиболее значимы три – Chlorophyta (44 % общего числа видов), Chrysophyta (17 %) и Bacillariophyta (16 %). В перифитоне присутствовали водоросли из 6 отделов, эвгленовые и желтозеленые не выявлены. В перифитоне карьерных водоемов, также как и в перифитоне озер Беларуси, основную долю общего числа видов составляют отделы – Chlorophyta (57 %), Bacillariophyta (20 %) и Cyanophyta (16 %). Водоросли планктона относятся к 45 родам, перифитона – к 48. Подавляющее число родов как в планктоне, так и перифитоне представлены одним–двумя видами, пятью и более видами в перифитоне представлены три рода – Cosmarium (14 видов), Ankistrodesmus (6), Scenedesmus (5), а в планктоне два – Oocystis

(6) и Dinobryon (5). Общими для планктона и перифитона являются 16 видов водорослей. Как правило, это типично планктонные массовые виды.

Все водоросли, обнаруженные в меловых карьерах, широко распространены в водоемах и водотоках Беларуси.

Анализ экологии водорослей показал, что подавляющее число видов являются космополитами с широкой экологической валентностью. По биотопической приуроченности и в планктоне, и в перифитоне преобладают типично планктонные и планкто-бентосные формы. На их долю приходится свыше 60 % общего числа видов.

Таксономическая структура фитопланктона и фитоперифитона в карьере Колядичи-линза 14, экосистема которого находится на начальной стадии формирования, заметно отличается от структуры водорослей планктона и перифитона в карьерах месторождения Россь, которые были затоплены около 60 лет назад (таблица 2). В карьерах месторождения Россь основу видового состава составляют зеленые водоросли, а в карьере Колядичи-линза 14 – диатомовые. Таксономическая структура обеих экологических группировок водорослей карьера Колядичи-линза 3, время существования которого около 20 лет, близка к структуре альгофлоры водоемов возрастом около 60 лет, что указывает на достаточно высокие скорости начальных стадий сукцессионного процесса.

Таблица 2.

Таксономическая структура водорослей планктона (пл) и перифитона (пр) карьерных водоемов меловых месторождений Россь и Колядичи, 17–24. 07. 2012 г.

Водоем	Возраст, годы	Доля (%) общего числа видов									
										прочие	
		пл	пр	пл	пр	пл	пр	пл	пр	пл	пр
Колядичи-линза 14	< 1	22	20	13	25	30	40	22	10	13	5
Колядичи-линза 3	~ 20	55	63	0	19	7	13	28	0	10	5
Россь-линза 2	~ 60	60	58	8	22	12	17	16	0	4	3
Россь-линза 4	~ 60	22	55	4	10	15	25	33	5	26	5
Россь-Лазурный	~ 60	35	47	6	23	12	20	29	7	18	3
Россь-Голубой	~ 60	52	44	8	22	16	28	12	6	12	0

Показатели плотности и биомассы сообществ фитопланктона в обследованных карьерных водоемах изменялись в пределах 0,845–6,574 млн организмов в литре и 0,49–3,74 мг сырой массы в литре (таблица 3). Минимальные величины зарегистрированы в самом молодом карьере Колядичи-линза 14. Основную долю общей биомассы (свыше 76 %) в этом водоеме составляли золотистые водоросли при монодоминировании крупноклеточ-

ной колониальной водоросли *Dinobryon divergens*Jmhof (свыше 67 % общей биомассы фитопланктона). По численности доминировали мелкоклеточные хлорококковые (около 36 %) и золотистые (около 22 %) водоросли.

Таблица 3.

Структура сообщества фитопланктона карьерных водоемов меловых месторождений Россь и Колядичи, Беларусь, 17–24. 07. 2012 г.

Водоем	Возраст, годы	Плотность		Биомасса		I, кл./орг.	V, мкм^3
		$N_{общ.}$, млн орг./л	доминирующая группа, % $N_{общ.}$	$B_{общ.}$ мг/л	доминирующая группа, % $B_{общ.}$		
Колядичи-линза 14	< 1	0,845	хлорококковые (35,7 %); золотистые (21,6 %)	0,49	золотистые (76,3 %)	3,2	185,0
Колядичи-линза 3	~ 20	5,047	золотистые (46,0 %); хлорококковые (27,0 %)	1,64	хлорококковые (30,5 %); динофитовые (19,2 %); золотистые (18,5 %)	1,2	281,0
Россь-линза 2	~ 60	4,861	хлорококковые (53,0 %); диатомовые (28,3 %)	0,77	диатомовые (44,6 %); хлорококковые (34,8 %)	1,9	83,9
Россь-линза 4	~ 60	2,753	золотистые (63,5 %); криптофитовые (16,9 %)	3,74	золотистые (78,6 %); криптофитовые (15,6 %)	2,8	493,8
Россь-Лазурный	~ 60	3,405	диатомовые (56,6 %); криптофитовые (13,7 %)	0,58	диатомовые (47,6 %); криптофитовые (17,9 %)	1,6	107,6
Россь-Голубой	~ 60	6,574	хлорококковые (49,2 %); диатомовые (24,9 %)	2,38	хлорококковые (78,7 %)	3,4	106,4

Примечание: N – плотность; B – биомасса; I – показатель степени колониальности фитопланктонных организмов; V – средний объем планктонной клетки

Плотность видов в фитопланктоне, которую в первом приближении можно оценить числом видов в стандартной планктонной пробе, в водоемах разного возраста была близкой и достаточно высокой (23–29 видов в пробе).

В планктоне преобладали одноклеточные водоросли или виды с небольшим числом клеток в колониях. Степень колониальности фитопланктона карьерных водоемов (1,2–3,4 кл./орг.) существенно ниже в сравнении с озерным фитопланктоном. Так, в наиболее изученных белорусских озерах Нарочь, Мястро, Баторино в среднем за вегетационный сезон 2012 г. этот показатель составил от 20 до 48 кл./орг. [2]. Средний объем фитопланктонной клетки в карьерных водоемах разного возраста составил 84–494 мкм^3, что значительно выше этого показателя для фитопланктона Нарочанских озер (11–87 мкм^3 в среднем за вегетации оный сезон 2012 г.).

Сообщество фитопланктона карьерного водоема, время существования которого около 20 лет, по уровню количественного развития и показателям структуры близко к сообществам водоемов возрастом около 60 лет. Этот результат согласуется с данными по таксономической структуре альгофлоры планктона и перифитона в разновозрастных карьерных водоемах и дает основание сделать вывод о достаточно высоких скоростях начальных стадий сукцессионного процесса сообществ.

Заключение

Сообщества фитопланктона и фитоперифитона в разновозрастных карьерных водоемах (менее 1 года – около 60 лет) находятся на разных стадиях экологической сукцессии. Фитопланктон в начальной стадии сукцессии (< 1 года после затопления карьера) характеризуется низкими величинами плотности и биомассы, монодоминированием по биомассе крупноклеточной колониальной золотистой водоросли *Dinobryon divergens*. По числу видов в планктоне и перифитоне водоема возрастом менее года преобладают диатомовые водоросли, тогда как в других обследованных карьерных водоемах – зеленые. Уровень количественного развития и структура сообщества фитопланктона, а также таксономическая структура альгофлоры планктона и перифитона карьерного водоема, время существования которого около 20 лет, близки к сообществам водоемов возрастом около 60 лет, что указывает на достаточно высокие скорости начальных стадий сукцессионного процесса.

Список цитированной литературы

1. Анализ структуры сообществ гидробионтов и функционирования уникальных водных экосистем отработанных меловых карьеров с целью разработки рекомендаций по их использованию (охрана, экотуризм, зарыбление): отчет о НИР (заключ.) / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»; рук. темы В.М. Байчоров. – Минск, 2014. – 53 с. № ГР 228.
2. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2012 год) / Т.В. Жукова [и др.]; под общ. ред. Т.М. Михеевой. – Минск: БГУ, 2013. – 119 с.
3. Хомич С.А. Карьерные водоемы как лимнические системы // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2, Хим., биол., геогр., 1986. № 1. – С. 73-74.
4. Хомич С.А. Геоэкологические аспекты водохозяйственной рекультивации нарушенных земель Беларуси. – Мн.: Институт геологических наук, 2001. – 124 с. ISBN 985-6117-57-7