

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ БИОДЕГРАДАЦИИ ПОЛЛЮТАНТОВ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2011 О.Б. Вайшля, Д.В. Кулятов

Томский государственный университет

Поступила в редакцию 15.06.2011

На основании аналитического обзора литературных данных обоснована актуальность изучения водорослей техногенных экосистем. В результате исследования очистных сооружений сточных вод Томской и Новосибирской областей получены культуры доминирующих видов микроводорослей, перспективных для включения в ремедиационные ценозы на территории Западной Сибири.

Ключевые слова: микроводоросли, поллютанты, водные экосистемы, альгоремедиация, Западная Сибирь

Анализ отечественной и зарубежной литературы свидетельствует о том, что в системах биологической очистки используются различные сообщества организмов, куда входят бактерии, микроводоросли, зоопланктон, высшие растения, рыбы, которые работают как функциональные единицы гидробиоценоза. Согласно теоретическим представлениям, сформированным еще в первой половине прошлого столетия, в основе самоочищения воды лежит естественный круговорот веществ, реализуемый организмами разных трофических уровней [1]. Особая роль при этом отводится микроорганизмам, обладающим исключительной поливариантностью биохимических свойств, разнообразием трофометаболических связей, сложной пространственной организацией. Именно это в искусственных сооружениях обеспечивает устойчивость очищаемой экосистемы к залповым поступлениям высоких концентраций токсических соединений и полноту их утилизации [2, 3]. Несмотря на огромное количество исследований, посвященных изучению процессов биологической очистки воды, до сих пор не раскрыты многие аспекты функционирования очищающих экосистем. В большинстве работ рассматривается лишь гетеротрофный компонент – бактерии, мицелиальные грибы, дрожжи, и не учитывается роль других постоянно встречающихся групп организмов.

Современные технологии очистки сточных вод требуют поиска организмов, максимально эффективно утилизирующих поллютанты, и конструирования стабильных ремедиационных ценозов для обеспечения устойчивого процесса биodeградации всех загрязняющих веществ, синтезированных человеком. В этом плане перспективными выглядят альго-бактериальные ассоциации, имеющие огромный биотехнологический

потенциал. Микроводоросли успешно используются для интенсификации процесса утилизации поллютантов предприятий пищевой, текстильной, химической, угольной и металлургической промышленности, отходов птицефабрик и животноводческих комплексов [2, 4-7]. Положительное значение микроводорослей в реабилитации водных техногенных экосистем состоит в фотосинтетической аэрации, продукции биологически активных веществ, обладающих стимулирующим или ингибирующим действием, а также способностью принимать непосредственное участие в утилизации некоторых поллютантов путем аккумуляции, трансформации и минерализации [5]. Поскольку системы биологической очистки сточных вод функционируют, как правило, в природных условиях, то на развитие и направленность метаболизма водорослей влияют, прежде всего, такие слабо контролируемые человеком факторы окружающей среды, как интенсивность света и температура, а также рН, соотношение азота и фосфора, наличие обменных форм микроэлементов [8-10].

Исследование альгофлоры хозяйственно-бытовых, промышленных и животноводческих стоков показывает доминирующее положение видов отделов Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta и Euglenophyta. Преобладание тех или иных таксонов водорослей зависит от типа сточных вод, присутствия токсикантов, технологической схемы очистки, климатических условий [5, 11-15]. Наиболее перспективными считаются виды зеленых и синезеленых водорослей, способные быстро адаптироваться к колебаниям рН, температуры, высоким концентрациям токсических соединений, закрепляться на различных носителях благодаря обильному выделению полисахаридов и образованию биопленок. В Томском госуниверситете в 2009 г. начаты работы по изучению таксономического состава и роли микроводорослей в очистке сточных вод на территории Западной Сибири с целью выделения штаммов, активных при низких температурах.

Вайшля Ольга Борисовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии позвоночных и экологии. E-mail: planta@mail.tomsknet.ru

Кулятов Дмитрий Васильевич, младший научный сотрудник. E-mail: kuljatov@rambler.ru

В различные времена года были отобраны пробы планктона, перифитона и активного ила 3 очистных сооружений сточных вод – ЗАО «Свинокомплекс Томский», ООО «ЛПО «Томлесдрев» и станции очистки сточных вод г. Куйбышева Новосибирской области. Микроводоросли выделяли через накопительные культуры на стандартных минеральных средах Кратца-Майерса, Куль, Громова №6 и методом отстаивания. Выращивание проводили при периодическом встряхивании в колбах Эрленмейера объемом 250 мл в следующих контролируемых режимах:

1) для психрофильных форм – температура ночью +8°C, днем +12°C, интенсивность освещения 2000-3000 лк, световой фотопериод 12 часов;

2) для мезофильных форм – среднесуточная температура +22°C, интенсивность освещения 4000-5000 лк, световой фотопериод 12 часов.

Исходные пробы выдерживали в климатостате в течение нескольких месяцев, где отслеживали сукцессионные перестройки отобранных биоценозов. Определение таксономической принадлежности микроводорослей проводили сравнительно-морфологическим методом с помощью светового микроскопа «Micros MC 50» (Австрия) и монографий: «Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР», «Определитель пресноводных водорослей СССР» (2-ой, 7-ой, 8-ой, 10/1-ый выпуски), «Die Binnengewässer» (16-ый том, часть 7/1).

Наибольшее видовое разнообразие микроводорослей сточных вод ЗАО «Свинокомплекс Томский» было отмечено в «чистом» пруду-накопителе в летне-осенний период, где доминирующее положение занимали хлорококковые *Chlorella vulgaris*, *Micractinium pusillum*, *Scenedesmus acuminatus*, *S. quadricauda* (табл. 1). В состав пленки, формирующейся на стенках коллекторных труб, входили диатомовые и зеленые микроводоросли, среди которых преобладали *Ulothrix variabilis* и *Cladophora sp.* Альгофлора «грязного» пруду-накопителя была представлена единичными *Chlorella vulgaris* и *Chlamydomonas sp.*, что, вероятно, связано с большой концентрацией органических веществ и значительной мутностью воды.

Сточные воды ООО «ЛПО «Томлесдрев» характеризуются содержанием формальдегидных смол, используемых при изготовлении мебели, метанола, нефтепродуктов. Выявленный видовой состав водорослей этих очистных сооружений характеризуется преимущественным развитием синезеленых водорослей, входящих в перифитон железобетонных конструкций. Эдификаторами перифитона в первичных и вторичных отстойниках выступили *Phormidium sp.*, *Ph. ambiguum*, *Oscillatoria brevis*. Осенью в иловых картах отмечалось цветение воды, вызванное *Chlorella vulgaris*.

Изучение собранного материала показало, что водоросли в основном представлены двумя экологическими группами – планктоном и перифитоном, формирующимися уже на этапе механической очистки. Следует отметить сильную морфологическую изменчивость некоторых хлорококковых

микроводорослей сточных вод. Так, *Micractinium pusillum* утратил столь характерные ему щетинки и ценобиальную структуру, которые являются одним из главных диагностических признаков. Некоторые виды *Scenedesmus* в накопительных культурах становились одноклеточными, округлялись, и все это довольно затрудняло их идентификацию. Подобный феномен был описан ранее [16, 17]. Приведенные в табл. 1 виды микроводорослей согласуются с данными альгологов-флористов, полученными при исследовании аналогичных типов сточных вод [5, 14].

Таблица 1. Таксономический состав доминирующих видов водорослей, выделенных из очистных систем сточных вод

Таксоны	Место выделения		
	СВТ	ТЛД	СО СВ К
Cyanophyta			
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. emend. Elenk.	+	+	
<i>M. firma</i> (Bréb. et Lenorm.) Schmidle	+		
<i>Oscillatoria amoena</i> (Kütz.) Gom.		+	
<i>O. brevis</i> (Kütz.) Gom.		+	
<i>O. limnetica</i> Lemm.		+	
<i>O. tenuis</i> Ag.		+	
<i>Phormidium sp.</i>	+	+	+
<i>Ph. ambiguum</i> Gom.		+	
<i>Ph. tenuissimum</i> Woronich.			+
Euglenophyta			
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Steinmend. Defl.	+		
<i>Euglena sp.</i>	+		+
<i>Phacus sp.</i>	+		
Chlorophyta			
<i>Chlamydomonas sp. sp.</i>	+	+	
<i>Chlorococcum sp.</i>	+		
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer.	+	+	+
<i>Ch. kessleri</i> Fott et Nováková		+	
<i>Micractinium pusillum</i> Fres.	+		
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	+		+
<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	+		
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	+	+	
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lag.) Chod.	+		+
<i>S. obliquus</i> (Turp.) Kütz.	+	+	+
<i>S. quadricauda</i> (Turp.) Bréb.	+	+	+
<i>Ulothrix variabilis</i> Kütz.	+		

Примечание: место выделения: СВТ – ЗАО «Свинокомплекс Томский», ТЛД – ООО «ЛПО «Томлесдрев», СОСВК – станция очистки сточных вод г. Куйбышева

Выводы: наиболее перспективными в биоремедиации водных экосистем юга Западной Сибири являются часто встречающиеся и доминирующие виды родов зеленых – *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Micractinium* и синезеленых – *Phormidium*, *Oscillatoria*, микроводорослей. В дальнейшем планируется изучение диапазона

устойчивости получаемых аксеничных штаммов водорослей к различным концентрациям широко распространенных поллютантов и оценка скорости их утилизации в зависимости от условий культивирования.

Авторы выражают искреннюю благодарность научному сотруднику лаборатории альгологии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, к.б.н. В.М. Андреевой за помощь в определении микроводорослей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Остроумов, С.А.* Биотический механизм самоочищения пресных и морских вод. Элементы теории и приложения / *С.А. Остроумов*. – М.: МАКС Пресс, 2004. 96 с.
2. *Дзержинская, И.С.* Альго-бактериальные аспекты интенсификации биогидро- химического круговорота в техногенных экосистемах: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1993. 48 с.
3. *Терентьев, В.И.* Биотехнология очистки воды. В 2-х частях. Ч. 1. / *В.И. Терентьев, Н.М. Павловец*. – СПб.: Изд-во Гуманистика, 2003. 272 с.
4. *Янкевич, М.И.* Формирование ремедиационных биоценозов для снижения антропогенной нагрузки на водные и почвенные экосистемы: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Щелково, 2002. 47 с.
5. *Ленова, Л.И.* Водоросли в доочистке сточных вод / *Л.И. Ленова, В.В. Ступина*; отв. ред. *С.П. Вассер*. – Киев: Наук. думка, 1990. 184 с.
6. *Сафонова, Е.Ф.* Биодegradация компонентов нефтяного загрязнения с участием микроводорослей и цианобактерий: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – СПб, 2004. 17 с.
7. *Денисов, А.А.* Очистка сточных вод в открытых водоемах от органических и минеральных загрязнений с помощью водорослей / *А.А. Денисов, В.Ю. Жуйков* // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 12. С. 54-56.
8. *Левич, А.П.* Теоретическая и экспериментальная экология планктонных водорослей: управление структурой и функциями сообществ / *А.П. Левич, В.Н. Максимов, Н.Г. Булгаков*. – М.: Изд-во НИЛ, 1997. 184 с.
9. *Саут, Р.* Основы альгологии: пер. с англ. / *Р. Саут, А. Уиттик*; пер. *К.Л. Тарасов*. – М.: Мир, 1990. 597 с.
10. *Larsdotter, K.* Wastewater treatment with microalgae – a literature review // *VATTEN*. 2006. Vol. 62. P. 31-38.
11. *Багнюк, В.М.* Интенсификация развития фитопланктона в буферном водоеме коксохимического производства / *В.М. Багнюк, В.В. Подорванов* // Альгология. 1999. Т. 9, № 3. С. 65-72.
12. *Догадина, Т.В.* Водоросли биологической пленки биофильтров и их роль в процессах самоочищения / *Т.В. Догадина, Н.А. Чухлебова* // Гидробиол. журн. 1971. Т. 7, № 6. С. 56-60.
13. *Догадина, Т.В.* Эколого-систематический обзор протококковых водорослей сточных вод // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. 1973. № 2. С. 50-56.
14. Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие: в 2 т. / *А.Е. Кузнецов* и др. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010. 629 с.
15. *Габидуллина, Г.Ф.* Цианопрокариотно-водорослевые ценозы биологических очистных сооружений г. Уфы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Уфа, 2009. 16 с.
16. Морфологическая изменчивость видов рода *Scenedesmus* Meyen (Chlorophyta): обзор литературных данных / *П.М. Царенко* и др. // Альгология. 1996. Т. 6, № 1. С. 3-14.
17. *Oron, G.* Algal polymorphism in high rate wastewater treatment ponds / *G. Oron, G. Shelef, A. Levi* // *Hydrobiologia*. 1981. Vol. 77, No 2. P. 167-175.

PERSPECTIVE KINDS OF MICROALGAE FOR POLLUTANTS OF WATER ECOSYSTEMS BIODEGRADATION AT SOUTH OF WEST SIBERIA

© 2011 O.B. Vayshlya, D.V. Kulyatov

Tomsk State University

On the basis of analytical review of literary data the urgency of studying the algae of technogenic ecosystems is proved. As a result of research the sewage disposal plant of Tomsk and Novosibirsk oblasts cultures of dominating kinds of microalgae, perspective for inclusion in remediation cenosises at the territory of West Siberia are received.

Key words: *microalgae, pollutants, water ecosystems, algaeremediation, West Siberia*