

мы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Материалы Всероссийской научно-практической конференции в 2 ч. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2007. Ч. 1. С. 206–210.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам Регионального центра госу-

дарственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области за любезно предоставленные данные химического анализа воды и сотрудникам Института биологии Коми НЦ УрО РАН за помощь в определении отдельных групп зообентоса.

УДК 504.05:502.084(470.342)

Оценка состояния водных объектов методами биотестирования в зоне влияния промышленных предприятий (на примере Кирово-Чепецкого химического комбината)

© 2011. А. С. Олькова¹, к.т.н., С. Г. Скугорова², к.б.н., н.с., Т. А. Адамович¹, аспирант,
Н. В. Варакина¹, аспирант, Т. Я. Ашихмина², д.т.н., зав. лабораторией,

¹Вятский государственный гуманитарный университет,

²Лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ,
e-mail: ecolab2@gmail.com

Проведена оценка состояния поверхностных водных объектов промышленного района методами биотестирования. Результаты сопоставлены с данными химического анализа. Установлен различный отклик тест-объектов на выявленное загрязнение. *Daphnia magna* чувствительны к повышенному радиационному фону, *Paramecium caudatum* – к повышенному содержанию железа и тяжёлых металлов, оба тест-объекта – к минеральному загрязнению.

Assessment of surface water bodies of the industrial district with the use of bioassay methods was fulfilled. The results were compared with the data of chemical analysis. Different response of test objects on the contamination detected was found out. *Daphnia magna* is sensitive to high radiation background, *Paramecium caudatum* is sensitive to higher content of iron and heavy metals, both the test objects are sensitive to the mineral pollution.

Ключевые слова: биотестирование, промышленное предприятие, загрязнение, поверхностные водные объекты

Key words: biotesting, industrial enterprise, pollution, surface water bodies

Предприятия химической отрасли всегда являлись наиболее мощными источниками воздействия на окружающую среду. Будучи организованными в советский период, и по настоящее время такие объекты несут за собой багаж экологических проблем.

В Кировской области одним из источников загрязнения окружающей среды было и остаётся ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б. П. Константинова» (КЧХК) [1], которое в настоящее время входит в ОАО «Объединённая химическая компания УРАЛХИМ».

С 1944-го по 1991 г. на комбинате действовали производства по обогащению гексафторида и тетрафторида урана. Созданные на базе КЧХК современные производства ООО «Завод полимеров КЧХК» и ООО «Завод

минеральных удобрений КЧХК» (ЗМУ) относятся к химически опасным предприятиям [2, 3]. На Заводе полимеров производятся фторполимеры, на ЗМУ действуют крупнотоннажные производства карбоната кальция, аммиака, азотной кислоты, аммиачной селитры, сложных минеральных удобрений.

В настоящее время вблизи предприятия хранится большое количество радиоактивных (около 440 тыс. т) и химических отходов (1 млн. 200 тыс. т), которые размещены в хранилищах, не имеющих защитных барьеров, которые бы исключили загрязнение окружающей среды [4]. Проблему усугубляет то, что хранилища отходов производства расположены в зоне санитарной охраны водозабора областного центра.

При исследовании территории в районе влияния Кирово-Чепецкого химического комбината (КЧХК) большое внимание уделяется поверхностным водным объектам природного и техногенного происхождения, так как водные системы наряду с атмосферным воздухом первыми принимают техногенное воздействие промышленных объектов в виде сбросов и выбросов.

Комплексный характер загрязнения водных объектов требует сочетания химических и биологических методов анализа. Среди биологических методов исследования окружающей среды особое место отводится методам биотестирования, так как многие методики этого направления допущены для целей государственного экологического контроля [5 – 7].

Применение биотестирования для исследования промышленных районов обусловлено несколькими причинами. Во-первых, биотестирование направлено на определение интегральной токсичности компонентов среды, что очень важно для территорий с высокой и разнокачественной химической нагрузкой. Во-вторых, использование разных тест-объектов позволяет с большой вероятностью выявлять возможное воздействие на биоту. И, в-третьих, происходит выявление чувствительных видов, наиболее перспективных для дальнейшего исследования района, кроме того, такие данные дают возможность определить слабые звенья и в естественных экосистемах.

Целью нашей работы стала оценка состояния поверхностных водных объектов, расположенных вблизи ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б. П. Константинова», с использованием методов биотестирования, а также сопоставление полученных данных с результатами гидрохимических анализов.

В 2010 году было отобрано и проанализировано 35 проб. Пробоотбор проводили из поверхностных водных объектов, которые приурочены: к выпуску сточных вод Завода полимеров в точках 2, 5) и ТЭЦ-3 (точки 7, 8, 22); к хранилищам радиоактивных отходов (РАО) (точки 9, 10, 13, 14, 17, 19); к участ-

кам за пределами промплощадки Завода полимеров (точки 4, 6); к 6 секции шламонакопителя химических отходов (точки 23–28); к устьям водотоков, впадающих в реку Вятка (точки 21, 35); к точкам, расположенным вне зоны влияния комбината (точки 1 и 33).

В качестве тест-объектов были выбраны ветвистоусые рачки *Daphnia magna* Straus и простейшие *Paramecium caudatum* Müller (инфузория-туфелька). Эти живые организмы обладают разной чувствительностью к наиболее распространенным токсикантам [8 – 10], что позволяет оценивать экологическое состояние вод со сложным спектром загрязнения.

Методика с использованием инфузорий *Paramecium caudatum* основана на определении токсичности по установлению параметра поведенческой хемотаксической реакции инфузорий с помощью прибора из серии «Биотестер» [6]. Пробы классифицируются по степени токсичности (табл. 1).

Методика биотестирования по гибели рачков дафний является классической при установлении токсичности компонентов среды. Её особенностью является оценка уровня смертности молодых особей популяции (до 24 час.) [5].

Используемые методы отличались по времени экспозиции. Опыт по определению токсичности по гибели *Daphnia magna* продолжается 96 час., а метод с применением *Paramecium caudatum* является экспрессным (экспозиция 30 мин.). Разные периоды экспозиции позволяют глубже проанализировать полученные данные. Несколько проб были проанализированы с помощью зелёной водоросли *Clorella vulgaris* Beijer в целях подтверждения и уточнения полученных данных [7].

Результаты проведённых испытаний представлены в табл. 2 и на рисунке (см. обложку журнала).

Исходя из полученных данных, можно выделить несколько зон, отличающихся по экологическому состоянию поверхностных водных объектов.

Точка 1 на р. Елховка находится до сброса сточных вод Завода полимеров и характеризуется фоновое состояние данного водотока:

Таблица 1

Классификация проб, анализируемых с помощью *Paramecium caudatum*

Интервал индекса токсичности Т, у.е.	Группа токсичности
0<Т<0,40	Группа I. Допустимая степень токсичности
0,41<Т<0,70	Группа II. Умеренная степень токсичности
Т>0,71	Группа III. Высокая степень токсичности

Таблица 2

Оценка токсичности проб поверхностных водных объектов методами биотестирования

№ точки	Название и расположение точки	Результаты биотестирования		Заключение
		Дафнии (<i>Daphnia magna</i>), % гибели	Инфузории (<i>Paramecium caudatum</i>), индекс и группа токсичности	
1	Р. Елховка выше стоков Завода полимеров (фон)	0	0 I группа	Проба не оказывает острого токсического действия
2	Р. Елховка после выпуска стоков № 2 и № 3 Завода полимеров	3,3	0,028 I группа	
3	Место выхода грунтовых вод у завода полимеров	100	III группа Пр.: для анализа пробу разб. в 3 раза	Проба является токсичной по <i>Paramecium caudatum</i> и <i>Daphnia magna</i>
4	Заболоченный участок у Завода полимеров	100	0,077 I группа	Проба является токсичной по <i>Daphnia magna</i>
5	Р. Елховка рядом с нефтебазой	0	0 I группа	Проба не оказывает острого токсического действия
6	Отводная канава от Завода полимеров к хранилищу РАО № 205	50	0,124 I группа	Проба является токсичной по <i>Daphnia magna</i>
7	Стоки ТЭЦ-3	6,7	0,137 I группа	Проба не оказывает острого токсического действия
8	В 500 м ниже по течению от т. 7	0	0,706 III группа	Проба является токсичной по <i>Paramecium caudatum</i>
9	Отводная канава у хранилища РАО № 205	66,7	0 I группа	Проба является токсичной по <i>Daphnia magna</i>
10	Р. Елховка у хранилища РАО № 205	0	0,171 I группа	Пробы не оказывают острого токсического действия
11	Водоём между 5 и 2 секциями отходов	3,3	0,110 I группа	
12	Водоём между 4 и 5 секциями хранилищ отходов	6,7	0,265 I группа	
13/2	Водоём у 4 секции (глубина 0,1 м)	3,3	0,254 I группа	
13/1	Водоём у 4 секции (глубина 0,6 м)	3,3	0,171 I группа	
14	Оз. Сосновое	0	III группа. Пр.: для анализа пробу разб. в 2 раза	Проба является токсичной по <i>Paramecium caudatum</i>
15	Болото у оз. Сосновое	0	0,110 I группа	Проба не оказывает острого токсического действия
16	Канавы бывшего выпуска стоков у 3 секции шламонакопителя	6,6	0,563 II группа	Проба является токсичной по <i>Paramecium caudatum</i>
17	Заболоченный водоём у 3 секции	0	0,076 I группа	Пробы не оказывают острого токсического действия
18	Зарегулированное русло р. Елховка	0	0,153 I группа	
19	Карьер ЗМУ – устье протоки из болота от 3 секции	0	0 I группа	

№ точки	Название и расположение точки	Результаты биотестирования		Заключение	
		Дафнии (<i>Daphnia magna</i>), % гибели	Инфузории (<i>Paramecium caudatum</i>), индекс и группа токсичности		
20	Р. Елховка в среднем течении	3,3	0,404 II группа	Проба является токсичной по <i>Paramecium caudatum</i>	
21	Протока из оз. Ивановское в р. Вятка	3,3	0 I группа	Пробы не оказывают острого токсического действия	
22/1	Южная часть оз. Ивановское (глубина 0–0,2 м)	0	0 I группа		
22/2	Южная часть оз. Ивановское (глубина 0,7–1 м)	0	0 I группа		
23	Оз. Берёзовое	3,3	0 I группа		
24	Карьер оз. Берёзовое	6,7	0 I группа		
25	Карьер оз. Бобровое	0	0 I группа		
26	Оз. Бобровое-1	33,3	0 I группа		
27	Оз. Бобровое-2	0	0 I группа		
28/1	Оз. Бобровое-3 (глубина 0,7 м)	10	0,139 I группа		
28/2	Оз. Бобровое-3 (глубина 2 м)	10	0,046 I группа		
28/3	Оз. Бобровое-3 (глубина 4 м)	100	0,57 II группа		Проба является токсичной по <i>Paramecium caudatum</i> и <i>Daphnia magna</i>
29	Старица р. Елховка (заболоченный рукав)	0	0,843 III группа		Проба является токсичной по <i>Paramecium caudatum</i>
30	Современное русло р. Елховка	0	0,163 I группа	Проба не оказывает острого токсического действия	
31	Старица р. Вятка	100	0,339 I группа	Проба является токсичной по <i>Daphnia magna</i>	
32	Оз. Глухое	0	0 I группа	Пробы не оказывают острого токсического действия	
33	Измерительный лоток на сбросе воды из оз. Просное	0	0,25 I группа		
34	Слияние р. Просница и р. Волошка	0	0,232 I группа		
35	Место впадения р. Просница в р. Вятка	0	0 I группа		

Примечание: 1) глубина отбора проб, кроме точек, для которых указана иная глубина, составила 0,3 м; 2) заключение о токсичности пробы выносилось по тест-объекту, проявившему более высокую чувствительность; 3) жирным шрифтом выделены токсичные пробы.

гибели рачков не наблюдалось, индекс токсичности Т (по инфузориям) равен нулю.

Состояние водных объектов вблизи хранилищ РАО отличалось от состояния р. Елховка в районе фона. Высокая токсичность проявилась в отводной канаве от хранилища РАО № 205 к р. Елховка (точка 9): гибель дафний в пробе выше 50%, что указывает на острое токсическое действие. Другие водоёмы и водотоки у хранилищ острой токсичностью не обладали.

В районе участков размещения РАО за пределами промплощадки Завода полимеров обнаружены поверхностные водоёмы с наибольшей токсичностью. В пробе № 6, взятой из отводной канавы, проходящей от Завода полимеров к хранилищу № 205, гибель дафний составила 50%; в пробе № 4 – гибель рачков достигла 100% в первые сутки опыта. В прошлом на заболоченном участке вблизи с Заводом полимеров (точка 4) размещались отходы производства. Высокая токсичность проб из поверхностных водных объектов данной зоны может быть обусловлена повышенными значениями мощности эквивалентной дозы гамма-излучения – до 28 мкР/ч.

Однако эти же пробы не оказывали токсического действия на *Paramecium caudatum*. Вероятно, это свидетельствует о недостаточном времени экспозиции для проявления токсического действия.

Следующей зоной с выявленной неблагоприятной экологической обстановкой является район ТЭЦ-3. Отметим, что к загрязнению данного района более значительную чувствительность проявляет тест-объект *Paramecium caudatum*. Например, для пробы точки 8, расположенной на 500 метров ниже ТЭЦ-3, определён индекс токсичности, равный 0,706. Данную пробу следует отнести к III группе – «высокая степень токсичности». Стоки ТЭЦ-3 (точка 7) не оказали острого токсического действия на тест-организмы, однако наблюдалась незначительная гибель дафний (6,7%), а также отличие индекса токсичности от контрольных значений. Выявленный отклик биотестов, вероятно, связан с повышенным относительно ПДК (в 1,5–2,2 раза) содержанием в сточной воде ТЭЦ-3 ионов алюминия, марганца и железа. Согласно данным литературы среди загрязняющих стоки ТЭЦ веществ периодически обнаруживают фенол, нефтепродукты, медь, цинк и другие тяжёлые металлы [11].

От ТЭЦ-3 через коллектор очищенные сточные воды попадают в оз. Ивановское. В точке 22, находящейся в южной части озера

Ивановское, острого токсического действия, как и отличий от контрольных показателей, не отмечено. Очищение сточных вод ТЭЦ-3 и разбавление природными водами способствуют снижению токсичности.

Среди водоёмов, дренирующих загрязнённые грунтовые воды, наиболее неблагоприятными по результатам биотестирования оказались оз. Сосновое и оз. Бобровое-3. Например, для проведения анализа с помощью инфузорий пробу из оз. Сосновое (точка 14) пришлось разбавлять в 2 раза, в результате получен индекс токсичности больше единицы, и проба, безусловно, была отнесена к III группе – «высокая степень токсичности». Анализ содержания неорганических ионов не выявил превышения нормативов, за исключением незначительного превышения концентрации хлорид-ионов, ионов натрия и марганца (в 1,2–1,6 раза). В связи с этим для объяснения токсичности данной пробы необходимо проведение полного химического анализа.

Из озера Бобровое-3 (точка 28) пробы отбирались с глубины 2 и 4 метра. Для пробы с глубины двух метров острого токсического действия не выявлено: гибель дафний незначительна – 10%, по инфузориям определена I группа токсичности – «допустимая». Образец, отобранный с 4-метровой глубины, вызвал 100% гибель рачков, а согласно анализу с использованием инфузорий должен быть отнесён к II группе – «умеренная степень токсичности».

В пробах 28/1 и 28/2 из оз. Бобровое-3 были определены высокие концентрации нитрат-ионов – 8 и 21 г/л (ПДК=45 мг/л), ионов аммония – 93 и 890 мг/л (ПДК=1,5 мг/л), ионов стронция – 12 и 103 мг/л (ПДК=7 мг/л), ионов марганца – 0,53 и 4,13 мг/л (ПДК=0,1 мг/л) соответственно [12].

Загрязнение придонных слоёв Бобровых озёр, оз. Берёзового и их карьеров связано с разгрузкой грунтовых вод, загрязнённых нитратом аммония, источником которого является секция 6 шламонакопителя отходов КЧХК [13, 14].

В других дренирующих водоёмах острой токсичности не зафиксировано, но для точек 13, 24 и 25 установлены некоторые отличия от контрольной среды.

Пробы из точек №№ 3, 29, 30 оказались гипертотоксичны по тест-объекту *Clorella vulgaris*. Пробы из 5 и 19 точек согласно данному тест-объекту являются «сильнотоксичными» и «среднетоксичными» соответственно. Ана-

логичная ситуация наблюдалась при исследовании проб воды на данных участках и в 2009 г. [15].

Особый интерес представила проба из места выхода грунтовых вод у Завода полимеров (точка З). Все тест-объекты указывают на высокую токсичность данной пробы. Это может быть обусловлено загрязнением грунтовых вод хлоридом натрия, который используется на предприятии для получения каустической соды методом электролиза. Содержание ионов натрия в данной пробе было велико – 34,4 г/л [12]. В воде родника установлено превышение ПДК по содержанию ионов марганца в 35 раз, цинка – в 8 раз, свинца и ртути – в 1,5 раза. Кроме того, вблизи выхода грунтовых вод определена повышенная мощность эквивалентной дозы γ -излучения, она составила 24–32 мкР/ч.

Благоприятным фактом можно считать то, что в пробах из водотоков, впадающих в реку Вятка, острой токсичности не выявлено.

Таким образом, сопоставление данных биотестирования и химического анализа проб воды из водоёмов промышленного района вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината позволило сделать следующие выводы:

1. ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б. П. Константинова» как предприятие химической отрасли характеризуется несколькими источниками воздействия на окружающую среду. В ходе биологического тестирования поверхностных водных объектов выявлены зоны с повышенной интегральной токсичностью. Центрами таких зон, частично перекрывающих друг друга, служат места сброса сточных вод и принимающие их водные объекты, шламонакопители и хранилища отходов, объекты инфраструктуры промышленной зоны (ТЭЦ, котельные, автодороги и т.д.). Контуры неблагоприятных для биоты зон практически совпадают с местами максимальной химической нагрузки.

2. По полученным данным, р. Вятка в местах впадения в неё р. Просницы как источник питьевого водоснабжения, благополучна по экотоксикологическим показателям. Однако требуется систематическое проведение мониторинга качества воды, так как сверхнормативное загрязнение стоков комбината может приводить к ухудшению качества воды на хозяйственно-питьевом водозаборе г. Кирова.

3. Установлен различный отклик тест-объектов на пробы, характеризующие выделенные зоны загрязнения. Рачки *Daphnia magna* оказались чувствительными к повышенному радиационному фону. Инфузории

Paramecium caudatum ярко реагируют на повышенное содержание железа и тяжёлых металлов. Реакция на минеральное загрязнение (нитратное и аммонийное) оказалась сопоставимой у используемых биотестов.

Авторы выражают признательность сотрудникам лаборатории биомониторинга ВятГГУ и Института биологии Коми НЦ УрО РАН за консультации и помощь в отборе проб.

Литература

1. Ашихмина Т. Я., Дабах Е. В., Кантор Г. Я., Лемешко А. П., Скугорева С. Г., Адамович Т. А. Оценка состояния природного комплекса в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 3. С. 18–26.
2. Кирово-Чепецк: стратегия города – развитие бизнеса. Кирово-Чепецк. 2005. 152 с.
3. Кирово-Чепецк. Вчера. Сегодня. Завтра / Под ред. Т. Я. Ашихминой, З. Л. Баскина, С. Ю. Рыловой. Киров : Лобань. 2010. 48 с.
4. Экологическая экспертиза влияния отходов производства химкомбината и золоотвалов ТЭЦ-3 г. Кирово-Чепецка на геологическую среду (отчёт). Союз общественных экологических фондов России, фирма «Геотехнология». 1993. 80 с.
5. ФР. 1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости дафний.
6. ФР. 1.31.2005.01881. Методика определения токсичности проб природных, питьевых, хозяйственно-питьевых, хозяйственно-бытовых сточных, очищенных сточных, сточных вод экспресс-методом с применением прибора «Биотестер»: ООО «СПЕКТР-М». 2010.
7. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04, 16.1:2:3.7-04. Методика определения токсичности проб поверхностных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer), Красноярск: КрасГУ. 2007.
8. Бакаева Е. Н., Никаноров А. Н. Гидробионты в оценке качества вод суши. М.: Наука. 2006. 239 с.
9. Бородина Н.В., Панфилова И.В., Кантор Г.Я. Биотестирование с помощью тест-культуры *Chlorella vulgaris* Beijer // Биологический мониторинг техногенных систем / Под общ. ред. Т.Я. Ашихминой, Н.М. Алапкиной. Сыктывкар. 2011. С. 129–139.
10. Панфилова И.В., Шулятьева Н.А. Биотестирование с помощью культуры *Paramecium caudatum* Ehrnberg // Биологический мониторинг техногенных систем / Под общ. ред. Т.Я. Ашихминой, Н.М. Алапкиной. Сыктывкар. 2011. С. 139–144.

11. Федорченко В. Топливо-энергетический комплекс в российской народно-хозяйственной системе, электрические станции. М.: Энергоиздат, 1990. 263 с.

12. Прошина А. Н., Журавлёва Е. С., Скугорева С. Г. Ионный состав воды поверхностных водных объектов в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. молодёжи. Киров: ООО «Лобань». 2011. С. 97–99.

13. Дружинин Г.В., Лемешко А.П., Нечаев В.А., Хитрин С.В. Отчёт по результатам комплексной оценки влияния хозяйственной деятельности ОАО КЧХК и прилегающей к нему площади водосбора на режим формирования качества и количества стоков. Киров: ООО «Геосервис», 2006. 146 с.

14. Экологическая экспертиза влияния отходов производства химкомбината и золоотвалов ТЭЦ-3

г. Кирово-Чепецка на геологическую среду (отчёт). Союз общественных экологических фондов России, фирма «Геотехнология». Исполн. А. В. Албегова и др. М. 1993. 80 с.

15. Отчёт о научно-исследовательской работе в рамках конкурсного проекта ВятГГУ «Комплексный мониторинг окружающей среды территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината». Киров. 2009. 106 с.

Работа выполнена в рамках внутреннего гранта Вятского государственного гуманитарного университета для поддержки научно-исследовательских лабораторий №Н-01-10 и гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных-кандидатов наук № МК-7588.2010.5.

УДК 631.46:576.809.51

Сравнительный анализ альгофлоры почв экологически опасных объектов на территории Кировской области

© 2011. Л. В. Кондакова, к.б.н., зав. кафедрой,
Вятский государственный гуманитарный университет,
e-mail: kaf_eco@vshu.kirov.ru

Проведён сравнительный анализ альгофлоры почв, отобранных на территории Государственного природного заповедника «Нургуш» и экологически опасных объектов Кировской области: объекта хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО), Кирово-Чепецкого химического комбината (КЧХК), Кильмезского ядомогильника и на территории г. Кирова. Выявлено существенное изменение структуры сообществ водорослей в зонах влияния КЧХК, Кильмезского ядомогильника и в г. Кирова.

A comparative analysis has been carried out of the algaeflora of soils sampled in the state nature reserve «Nurgush» and at environmentally hazardous plants of Kirov region: the object storage and decommission of chemical weapon (PS-DCW), the Kirov-Chepetsk Chemical Plant (KCCP), Kilmezskii poison repository and on the territory of Kirov City. A significant change in community structure of algae was revealed in the zones of influence of the KCCP, Kilmezskii poison repository and Kirov City.

Ключевые слова: почва, загрязнение, альгофлора, доминантные и специфические виды, жизненные формы

Key words: soil, pollution, algaeflora, dominant and specific species, life forms

Почва – сложнейшая система, одним из основных функциональных компонентов которой являются населяющие её живые организмы, главные участники круговорота веществ и самоочищения почв. При техногенном загрязнении почвенная биота выполняет важную функцию детоксикации различных соединений. По структуре микробного ценоза почв, особенно по видовому составу, можно

судить об экологическом состоянии экосистем. Почвенные водоросли – обязательный компонент почвенных биоценозов. В природных и антропогенных экосистемах водоросли образуют группировки, отражающие свойства почвы, наличие загрязнения. Разные виды водорослей, иногда очень близкие по систематическому положению, обладают различной устойчивостью к токсическому фактору. Наличие