

НОВОСЕЛОВА А. Д., КУРОЧКИНА М. А., МАЛЮТА О. В., ТАЛАНЦЕВ В. И.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ
СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

Аннотация. Исследованы реакции шести тест-организмов на загрязнение природных вод. Наиболее чувствительными оказались люминесцентные бактерии и водоросль хлорелла.

Ключевые слова: биотестирование, тест-организмы, токсичность, природные воды.

NOVOSELOVA A. D., KUROCHKINA M. A., MALYUTA O. V., TALANTSEV V. I.
BIOTESTING FOR ASSESSING OF NATURAL WATER POLLUTION LEVEL

Abstract. The reactions of six test-organisms to natural water pollution were investigated. The tests showed that luminescent bacteria and alga chlorella were most sensitive to water pollutants.

Keywords: biotesting, test-organisms, toxic level, natural water.

Для успешного решения проблем рациональной эксплуатации биологических ресурсов водоемов всех типов и обеспечения человека чистой (биологически полноценной) водой необходим контроль качества природных вод. В условиях загрязнения биосферы наблюдается увеличение количества загрязнителей, поступающих в водную среду, среди которых тяжелые металлы, нефтепродукты, нитраты и другие химические соединения. Поэтому решение данных проблем необходимо начинать с оценки степени загрязнения водных объектов и оценки интенсивности биологического самоочищения водоемов. Использование технологий биотестирования в данном случае целесообразно.

Целью работы являлось исследование степени информативности различных тест-организмов для оценки степени загрязненности природных вод.

Для исследований была отобрана вода и донные отложения из пяти водоемов и водотоков Республики Марий Эл. В воде определялось содержание загрязнителей (нитриты, нитраты, аммонийный азот, хлориды, фосфаты, нефтепродукты), в донных отложениях – тяжелые металлы. Биотестирование проводили с использованием пяти аттестованных методик и одной авторской.

Биотестирование природных вод с использованием культуры водоросли хлорелла *Chlorellavulgaris* Beijerinck [1] свидетельствует о том, что большинство проб воды не превысили критерий токсичности. Наибольшим токсическим действием обладали пробы воды из р. Немда и р. Малая Кокшага в местах у плотины и ниже сброса очистных сооружений.

Биотестирование природных вод с использованием равноресничных инфузорий *Parameciumcaudatum* Ehrenberg [2] показало, что наиболее токсичными являются пробы воды

из оз. Сурок, на р. Малая Кокшага в районе пляже у Сернурского тракта, у ливневого канала по ул. Гоголя и у плотины в Сосновой роще.

Биотестирование природных вод с помощью люминесцентных бактерий осуществлялось на приборе «Биотокс-10». В качестве тест-объекта использовали биосенсоры серии «Эколюм», представляющие собой лиофилизированные культуры люминесцентных генно-инженерных бактерий *Escherichiacoli* M-17 [3].

Исследование возможной токсичности проб воды с использованием бактериальной биолюминесценции тест-системы «Эколюм» показало, что вода, взятая из р. Малая Кокшага в точках у плотины и ниже сброса очистных сооружений, является токсичной, как и вода из р. Немда в месте стока с очистных сооружений.

По мнению ряда исследователей [4] дафниевый тест имеет преимущества перед другими биотестами благодаря высокой чувствительности к ядам различной природы, отличается хорошей повторяемостью результатов в опытах.

Биотестирование на дафниях *Daphniamagna* Straus показало, что к четвертому классу опасности относятся пробы воды из р. Немда и р. Малая Кокшага (у плотины в Сосновой роще, ниже стока очистных сооружений на 50 метров). Остальные значения свидетельствуют об отсутствии токсичности. По результатам данного исследования можно сделать вывод о том, что дафнии реагируют только на явное загрязнение, соответствующее 4 классу опасности, и слабую токсичность на пределе 4 и 5 классов опасности зафиксировать они не смогут.

При проведении хронического эксперимента с дафниями обратил на себя внимание тот факт, что размеры рачков отличаются в вариантах опыта. Так, в воде, отобранной в районе сброса стоков с очистных сооружений (р. Немда), длина животного от головы до окончания хвостовой иглы почти в 1,5 раза превышала длину контрольных экземпляров, т.е. токсичная среда вызывала стимулирование роста тест-организма. Такая реакция дафний на загрязнение водоемов, возможно, является перспективным параметром для оценки состояния природных водоемов, но требует дополнительных исследований.

Существует достаточно большое количество авторских методик биотестирования не прошедших госрегистрацию, но успешно применяющихся для проведения научно-исследовательских работ. Одной из таких является методика с использованием семян редиса [5].

Биотестирование на редисе *Raphanussativus* L показало, что в вариантах опыта величина индекса токсичности исследуемого фактора (ИТФ_{ср}) варьируется в пределах от 0,91 до 1,03, т.е. находится в пределах нормы, а значит токсического воздействия на тест-организм ни в одном из вариантов опыта не обнаружено [6]. Таким образом,

чувствительность данного тест-организма к загрязнению природных вод очень низкая (см. табл 1).

Таблица 1

Реакции тест-организмов на загрязнение природных вод

№ п/п*	Показатели загрязнения водных объектов**		Показатели реакции тест-организмов				
	ТМ в донных отложениях	Поллютанты в воде	Дафнии	Водоросли	Бактерии	Инфузории	Редис
			БКР (48ч/96ч)	ТКР	Т	КР ₅₀	ИТФ _{ср}
1	0,23	0,54	1/1	1,25	1,9	0,054	
2	0,87	0,959	1/1	1,85	8,3	2,13	
3	0,444	0,035	1/1	1,0	1,8	0,78	
4	0,158	0,036	1/1	1,94	2,3	2,45	
5	2,58	1,378	1/1	1,69	1,77	0,95	0,97
6	0,723	1,652	1/1	2,08	8,41	2,13	0,96
7	9,474	1,085	1/1	2,88	6,03	1,44	1,01
8	2,83	1,065	1/1	2,81	7,72	0,63	1,03
9	0,598	0,815	1/1	1,28	1,81	0,346	0,96
10	8,54	0,818	8,71/19,1	4,26	28,32	2,13	0,93
11	8,00	8,2	1/1	3,66	48,47	0,288	0,96
12	8,05	3,353	1/1	3,02	5,37	0,26	0,99
13	8,26	3,2	5,49	7,58	15,11	1,096	
14	8,09	3,844	1,28/1,47	7,76	22,14	0,23	
15	8,06	3,82	6,03	8,51	18,25	2,21	

Для проведения корреляционного анализа с целью выявить наиболее чувствительный тест-организм к загрязнению природных вод были преобразованы параметры загрязнения водоемов поллютантами – рассчитана сумма отношений концентраций обнаруженных поллютантов к ПДК каждого из них по формуле:

$$\sum Ci/ПДКи,$$

где C_i – концентрация поллютанта;

$ПДКи$ – предельно-допустимая концентрация каждого поллютанта.

Поскольку содержание тяжелых металлов в донных отложениях российскими нормативными документами не регламентируется, то для оценки использовались ПДК для почв.

* Объекты исследования: 1 – оз. Табашинское, 2 – оз. Сурок, 3 – оз. Яльчик (дикий пляж), 4 – оз. Яльчик (базы отдыха), 5 – р. М.Кокшага (дубовая роща), 6 – р. М.Кокшага (пляж у Сернурского тракта), 7 – р. М.Кокшага (ул. Гоголя у ливневого канала), 8 – р. М.Кокшага (центральный пляж), 9 – р. М.Кокшага (понтонный мост в Ширияйково), 10 – р. М.Кокшага (плотина в сосновой роще), 11 – р. М.Кокшага (ниже сброса очистных сооружений 50м), 12 – р. М.Кокшага (ниже сброса очистных сооружение 500 м), 13 – р. Немда (выше сброса 500 м), 14 – р. Немда (сток), 15 – р. Немда (ниже сброса 500 м).

** Сумма отношений концентраций обнаруженных поллютантов к ПДК каждого из них.

Результаты корреляционного анализа показали, что наиболее тесная связь наблюдается между содержанием тяжелых металлов в донных отложениях и изменением величины оптической плотности водорослей хлорелла (коэффициент детерминации $R^2=0,695$, в случаях с другими тест-организмами он не превышает 0,3), а также между суммарной величиной загрязнения основными химическими загрязнителями воды и интенсивностью бактериальной биолюминесценции (коэффициент детерминации $R^2=0,640$, в остальных случаях он не превышал 0,2).

Исследования показали, что наиболее чувствительными к загрязнению основными загрязнителями (нефтепродукты, фосфаты, нитраты, нитриты, аммонийный азот, хлориды) воды оказались люминесцентные бактерии, а на совокупное загрязнение тяжелыми металлами донных отложений наиболее остро отреагировала водоросль хлорелла.

Таким образом, применение технологий биотестирования с использованием водоросли хлореллы и люминесцентных бактерий для оценки качества природных водоемов является целесообразным.

ЛИТЕРАТУРА

1. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.7-04). Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorellavulgaris* Beijer). – Красноярск: Изд-во Красноярского гос. ун-та, 2007. – 36 с.
2. ФР.1.39.2006.02506. ПНД Ф Т 14.1:2:3.13-06 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.10-06) Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Parameciumcaudatum* Ehrenberg. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 30 с.
3. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.8-04). Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм» на приборе «Биотокс-10». – М.: Изд-во ООО НЦ «Экологическая перспектива», 2007. – 16 с.
4. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.9-06). Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphniamagna* Straus. – Красноярск: Изд-во Красноярского гос. ун-та, 2006. – 46 с.

5. Малюта О. В., Григорьева А. Р. Экологический мониторинг: методические указания к выполнению лабораторных и практических работ для студентов. – Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2011. – 64 с.
6. Курочкина М. А., Малюта О. В. Технологии биотестирования в оценке качества природных вод. Актуальные проблемы состояния и рационального использования водных ресурсов // Сб. статей региональной научно-практической конференции. – Йошкар-Ола, 2015. – С. 94–98.