

**А. А. Петров, Н. Ю. Чупахина, Г. Н. Чупахина**

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Проанализирована применимость методов биотестирования для анализа токсичности химически загрязненных сточных вод на примере Стерлитамакского нефтехимического завода. Предлагаемый метод биотестирования позволяет определять интегральную токсичность стоков. Проведена оценка степени фитотоксичности сточных вод по следующим параметрам кресс-салата (*Lepidum sativum* (L.)): рост проростков, накопление биомассы, прорастание семян.*

*This article considers the applicability of biotesting methods to the analysis of wastewater toxicity through the example of Sterlitamak Petrochemical Plant. The offered biotesting method helps estimate total wastewater toxicity. The estimation of phytotoxicity was based on the following parameters of the watercress (*Lepidum sativum* (L.)): sprout growth, biomass accumulation, and seed sprouting.*

**Ключевые слова:** фитотоксичность, биотестирование, сточные воды, кресс-салат (*Lepidum sativum* (L.)).

**Key words:** phytotoxicity, biotesting, wastewater, watercress (*Lepidum sativum* (L.)).

Экологическую опасность, или риск, следует оценивать с учетом не только характера и силы антропогенного воздействия, но и биологических свойств реагирующей системы. Соответственно этому есть две группы методов экологического контроля: физико-химические и биологические (биотестирование). Каждый из видов контроля имеет свои ограничения. Для более качественной оценки и прогноза состояния природной среды необходимо их сочетание. Таким образом, физико-химический и биологический контроль не исключают, а дополняют друг друга [1].

В связи с загрязнением источников водоснабжения токсичными веществами антропогенного происхождения повысились требования к контролю качества питьевой воды в соответствии с нормативными показателями введенного в действие СанПиНа 2.1.4.559–96. Это, в свою очередь, требует применения дорогостоящих методов аналитического контроля состава сточных вод [2; 3].

Сточные воды Стерлитамакского нефтехимического завода (г. Стерлитамак, Республика Башкортостан, Российская Федерация) характеризуются сложным химическим составом (табл. 1). Физико-химический анализ этих стоков не учитывает их совокупного (интегрального) токсикологического эффекта на биологические объекты. Оценка совокупного воздействия загрязняющих веществ сточных вод обуславливает необходимость использования методов биотестирования для контроля их качества.

Таблица 1

**Вариабельность химического состава стоков**

Определяемый компонент	Норма, мг/дм <sup>3</sup>	Экстремальные значения	
		max	min
рН	6,5 – 8,5	10,3	3,0
ХПК (химическое потребление кислорода)	750,0	208,0	103,0
Хлориды	300,0	99,8	10,7
Ионы аммония	20,0	9,50	0,7
Фенольный индекс	3,0	0,58	0,03
Метанол	150,0	24,7	5,20
Сульфиды	0,003	0,002	0,002
Сульфаты	100,0	69,3	12,0
Нитриты	0,08	0,96	0,15
Медь	0,005	0,005	0,001
Нефтепродукты	5,0	69,00	0,7
Толуол	12,0	–	–

В качестве тест-объекта использовался кресс-салат посевной (*Lepidum sativum* (L.)), отличающийся быстрым ростом и почти стопроцентным прорастанием. Наряду с овсом посевным

*Avena sativa* (L.) он является одним из часто используемых для биотестирования организмов и рекомендуется для определения загрязнения вредными веществами водных объектов, почвы и воздуха. Этот тест-объект очень чувствителен к загрязнению вод фенолами, нефтепродуктами, нитритами и сульфатами.

Проанализировано действие сточных вод предприятия в различных разбавлениях на рост проростков кресс-салата (табл. 2). Исследования проводили следующим образом: на фильтровальную бумагу, уложенную на дно чашки Петри, раскладывали по 30 семян кресс-салата. Фильтровальную бумагу увлажняли сточными водами разной концентрации по следующей схеме: раствор неразбавленных сточных вод и растворы сточных вод в 2-кратном, 4-кратном, 8-кратном и 16-кратном разбавлении. Продолжительность опыта составляла семь дней. После его завершения фиксировали процент проросших семян, длину проростков и их сухой вес. Статистическую обработку данных проводили с использованием стандартных методов по программе «Statistica-5.0 for Windows». Оценку значимости различий среднеарифметических значений проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

Данные таблицы 2 позволяют говорить о том, что стоки во всех исследуемых концентрациях стимулировали рост проростков кресс-салата. При этом отмечено минимальное значение длины проростков при 8-кратном разбавлении стоков, а максимальное значение при 16-кратном.

Таблица 2

**Влияние сточных вод на рост проростков кресс-салата**

Кратность разбавления сточных вод	Число проб	Средняя длина проростков, мм	Минимальная длина проростка, мм	Максимальная длина проростка, мм	Стандартное отклонение	Ошибка среднего
Без разбавления	28	67,92	31	98	19,66	3,717
В 2 раза	29	68,10	42	101	18,25	3,38
В 4 раза	29	64,41	40	100	18,67	3,46
В 8 раз	30	65,03	16	108	20,31	3,70
В 16 раз	28	77,64	32	137	26,68	5,04
Контроль	30	63,83	19	113	22,59	4,12

По полученным данным были рассчитаны коэффициенты корреляции между средней длиной проростков (L) и анализируемыми параметрами при различных уровнях разбавления сточных вод (табл. 3).

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции между средней длиной проростков (L) и анализируемыми параметрами при различных уровнях разбавления сточных вод**

Кратность разбавления сточных вод	pH	XПК	Хлориды	Ионы аммония	Фенольный индекс	Метанол	Сульфаты	Нитриты	Нефтепродукты	Медь	Сульфиды	T, °C
Без разбавления	0,27	0,54	0,13	-0,69*	0,51	-0,12	0,53	-0,61*	0,01	-0,08	-0,77*	-0,09
В 2 раза	0,34	0,49	0,09	-0,44	0,59	-0,18	0,20	-0,35	0,15	-0,05	-0,58	0,11
В 4 раза	0,42	0,63*	0,09	-0,63*	0,61*	-0,32	0,49	-0,43	0,03	-0,22	-0,51	0,03
В 8 раз	0,26	0,68*	0,24	-0,56	0,82*	-0,19	0,26	-0,22	0,02	-0,11	-0,47	-0,08
В 16 раз	0,34	0,02	0,17	-0,56	0,14	0,04	0,03	-0,30	0,11	-0,46	0,39	0,28

Достоверные зависимости в таблице 3 отмечены звездочкой. Выявлено наличие достоверной обратной зависимости между средней длиной проростков и концентрацией ионов аммония, нитритов и сульфидов. В случае 2-кратного разбавления стоков достоверных зависимостей не выявлено, тогда как при 4-кратном разбавлении стоков обнаружена обратная зависимость между ключевым параметром (L) и концентрацией ионов аммония, а также положительная зависимость

от величины ХПК и фенольного индекса. В случае 8-кратного разбавления стоков отмечена достоверная зависимость между величиной ХПК, фенольным индексом и показателем L. Для 16-кратного разбавления достоверных зависимостей между анализируемыми параметрами не выявлено.

Изучено влияние стоков данного предприятия в различных разбавлениях на накопление биомассы кресс-салата (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние сточных вод на накопление биомассы проростков кресс-салата**

Кратность разбавления сточных вод	Число проб	Средняя биомасса, мг	Минимальная биомасса, мг	Максимальная биомасса, мг	Стандартное отклонение	Ошибка среднего
Без разбавления	28	2,66	2,1	3,3	0,32	0,06
В 2 раза	28	2,84	2,3	3,2	0,29	0,05
В 4 раза	29	2,81	2,3	3,3	0,23	0,04
В 8 раз	30	2,78	2,3	3,2	0,21	0,03
В 16 раз	30	2,95	2,4	3,7	0,30	0,05
Контроль	30	2,48	1,9	3,3	0,30	0,05

Данные, представленные в таблице 4, позволяют говорить о том, что стоки во всех исследуемых концентрациях стимулировали накопление биомассы кресс-салата. При этом минимальное значение накопления биомассы проростков отмечено в неразбавленных стоках, а максимальное – при 16-кратном их разбавлении.

Данные расчета коэффициентов корреляции между средним весом проростков (W) и анализируемыми параметрами при различных уровнях разбавления сточных вод приведены в таблице 5.

Таблица 5

**Коэффициенты корреляции между средним весом проростков (W) и анализируемыми параметрами при различных уровнях разбавления сточных вод**

Кратность разбавления сточных вод	pH	ХПК	Хлориды	Ионы аммония	Фенольный индекс	Метанол	Сульфаты	Нитриты	Нефтепродукты	Медь	Сульфиды	T, °C
Без разбавления	0,38	-0,53	0,41	-0,42	-0,34	0,43	0,12	-0,28	-0,29	0,15	-0,19	-0,39
В 2 раза	0,25	-0,61*	0,50	-0,51	-0,30	0,39	-0,01	-0,22	-0,23	-0,31	-0,17	-0,23
В 4 раза	0,37	-0,55	0,04	-0,02	-0,61*	0,40	-0,16	-0,13	-0,28	0,38	0,03	-0,19
В 8 раз	0,18	-0,63*	0,31	-0,20	-0,53	0,54	-0,10	-0,19	-0,35	0,24	-0,17	-0,29
В 16 раз	0,01	-0,36	0,33	-0,20	-0,36	0,71*	-0,07	-0,20	-0,37	0,30	-0,32	-0,32

В случае неразбавленных стоков достоверных зависимостей между анализируемыми параметрами не выявлено. Для 2-кратного и 8-кратного разбавлений установлено наличие достоверной обратной зависимости между средним весом проростков и величиной ХПК, для 4-кратного разбавления – между средним весом проростков и фенольным индексом. При 16-кратном разбавлении отмечена достоверная положительная зависимость между величиной W и концентрацией метанола.

Изучено также влияние стоков данного предприятия в различных разбавлениях на прорастание семян кресс-салата (табл. 6). Стоки во всех исследуемых концентрациях ингибировали прорастание семян кресс-салата; ингибирование уменьшалось при увеличении разбавления стоков.

Таблица 6

**Влияние сточных вод на прорастание семян (P) кресс-салата**

Кратность разбавления сточных вод	Число проб	Среднее значение прорастания семян, %	Минимальное значение прорастания семян, %	Максимальное значение прорастания семян, %	Стандартное отклонение	Ошибка среднего
Без разбавления	3	92,22	90	93,33	1,92	1,11
В 2 раза	3	95,55	93,33	96,66	1,92	1,11
В 4 раза	3	95,55	93,33	96,66	1,92	1,11
В 8 раз	3	98,88	96,66	100	1,92	1,11
В 16 раз	3	97,77	93,33	93,33	3,84	2,22
Контроль	3	100	100	100	0	0

На основе полученных данных были рассчитаны коэффициенты корреляции между средним значением прорастания семян и анализируемыми параметрами при различных уровнях разбавления сточных вод (табл. 7).

Таблица 7

**Коэффициенты корреляции между средним прорастанием семян (Р) и анализируемыми параметрами при различных уровнях разбавления сточных вод**

Кратность разбавления сточных вод	pH	XПК	Хлориды	Ионы аммония	Фенольный индекс	Метанол	Сульфаты	Нитриты	Нефтепродукты	Медь	Сульфиды	T, °C
В 1 раз	0,02	-0,63*	0,22	-0,40	-0,40	0,04	-0,01	-0,25	-0,39	-0,10	-0,18	-0,26
В 2 раза	-0,20	-0,56	0,19	0,14	-0,37	0,46	-0,30	0,04	0,26	-0,37	0,06	0,11
В 4 раза	0,05	-0,50	0,22	-0,31	-0,58	0,46	0,14	-0,40	-0,01	-0,48	-0,30	0,09
В 8 раз	-0,09	-0,01	-0,16	-0,07	0,28	-0,67*	-0,05	0,01	0,25	-0,39	0,09	0,13
В 16 раз	-0,30	-0,61*	0,25	-0,13	-0,46	0,26	-0,20	0,09	-0,23	-0,61*	0,20	-0,03

Достоверные обратные зависимости отмечены между величиной ХПК и средним показателем прорастания семян для неразбавленных стоков. Для 2- и 4-кратного разбавления достоверных зависимостей между анализируемыми параметрами не выявлено. В случае 8-кратного разбавления обнаружена достоверная обратная зависимость между ключевым анализируемым параметром и концентрацией метанола. Для 16-кратного разбавления найдена достоверная обратная зависимость между величиной (Р) и величинами ХПК и концентрации ионов меди.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Неразбавленные и разбавленные сточные воды Стерлитамакского нефтехимического завода (разбавление в 2–16 раз) стимулировали рост проростков и накопление биомассы, но ингибировали прорастание семян кресс-салата.

2. При биотестировании сточных вод наиболее существенный показатель – прорастание семян кресс-салата.

3. Факторы, отрицательно влияющие на параметры фитотоксичности стоков: концентрации метанола, сульфатов, ионов аммония, ионов меди, нитритов и сульфидов, величины ХПК, фенольного индекса.

4. Факторы, положительно влияющие на параметры фитотоксичности: концентрации ионов меди, метанола, величин pH, ХПК и фенольного индекса.

5. Один и тот же фактор при разных показателях может влиять как положительно, так и отрицательно.

6. Показана необходимость определения фитотоксичности не только для неразбавленных стоков, но и для различных вариантов их разбавления, поскольку при этом выявляется большее количество факторов, влияющих на параметры фитотоксичности.

**Список литературы**

1. *Васильев В.М.* Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М., 2007.
2. *Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения.* СанПиН 2.1.7.573–96. М., 1997.
3. *Будников Г.К.* Обобщенная оценка загрязнения вод с помощью биологических (биохимических) методов анализа. М., 2002.

#### **Об авторах**

А.А. Петров – асп., РГУ им. И. Канта, ведущий инженер отдела охраны природы, ОАО СНХЗ, petroliym@rambler.ru

Н.Ю. Чупахина – канд. биол. наук, доц., РГУ им. И. Канта, natalie-tch@yandex.ru

Г.Н. Чупахина – д-р биол. наук, проф., РГУ им. И. Канта, tchoupakhina@mail.ru

#### **Authors**

A.A. Petrov, PhD Student, IKSUR; Lead Engineer, Department of nature conservation, Sterlitamak Petrochemical Plant, petroliym@rambler.ru

Dr. N.Yu. Choupakhina, Associate Professor, IKSUR, natalie-tch@yandex.ru

Professor G.N. Choupakhina, IKSUR, tchoupakhina@mail.ru