

Таким образом, пигментный аппарат сосны обыкновенной проявляет повышенную чувствительность на поллютанты городской среды, что выражается в снижении общего количества пластидных пигментов.

Выводы. Установлено, что загрязнение газообразными поллютантами оказывает влияние на пигментную систему сосны обыкновенной. Снижение накопления хлорофиллов и каротиноидов и их деструкция приводят к изменению активности фотосинтетического аппарата, что в конечном итоге отражается на росте и продуктивности деревьев. Таким образом, результаты исследований подтверждают возможность оценки состояния городской среды по количественным показателям работы фотосинтетического аппарата. А пигментный комплекс сосны обыкновенной может служить своеобразным маркером уровня антропогенной загрязненности территории.

Литература

1. *Розломий Н.Г.* Зелёная зона г. Уссурийска Приморского края (состояние естественных и искусственных насаждений, оптимизация рекреационного лесопользования): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2010. – 23 с.
2. *Сотникова О.В., Степень Р.А.* Эфирные масла сосны как индикатор загрязнения среды // *Химия растительного сырья*. – 2001. – № 3. – С. 74–81.
3. *Гетко Н.В.* Растения в техногенной среде. – Минск, 1989. – 208 с.
4. *Шлык А.А.* Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // *Биохимические методы в физиологии растений*. – М.: Наука, 1971. – С. 170–174.
5. Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта / *Г.Н. Чупахина, П.В. Масленников, Л.Н. Скрыпник* [и др.] // *Вестн. Том. гос. ун-та. Биология*. – 2012. – № 2(18). – С. 171–185.
6. *Тужилкина В.В.* Реакция пигментной системы хвойных на длительное аэротехногенное загрязнение // *Экология*. – 2009. – № 4. – С. 243–248.



УДК 574.21

И.А. Шадрин, Н.С. Напесочный

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ПРИУСАДЕБНЫХ УЧАСТКОВ г. КРАСНОЯРСКА ПО РЕАКЦИИ ВЫЖИВАЕМОСТИ ИНФУЗОРИЙ *PARAMECIUM CAUDATUM* (EHRENBERG, 1833) И ФИТОТОКСИЧНОСТИ СЕМЯН САЛАТА ПОСЕВНОГО *LACTUCA SATIVA*

*Проведена оценка токсичности снегового покрова приусадебных участков, расположенных в черте г. Красноярска, по выживаемости инфузорий *Paramecium caudatum* и фитотоксичности семян салата посевного *Lactuca sativa*.*

Ключевые слова: инфузории, *Paramecium caudatum*, салат посевной, *Lactuca sativa*, биотестирование, токсичность, фитотоксичность.

I.A. Shadrin, N.S. Napesochnyy

THE ASSESSMENT OF THE SNOW COVER TOXICITY IN THE KRASNOYARSK PERSONAL PLOTS ACCORDING TO THE SURVIVAL REACTION OF INFUSORIA *PARAMECIUM CAUDATUM* (EHRENBERG, 1833) AND LETTUCE *LACTUCA SATIVA* SEED PHYTOTOXICITY

*The assessment of the snow cover toxicity on the personal plots located within Krasnoyarsk, on the survival of infusoria *Paramecium caudatum* and lettuce *Lactuca Sativa* seed phytotoxicity is carried out.*

Key words: infusoria, *Paramecium caudatum*, lettuce, *Lactuca sativa*, biotesting, toxicity, phytotoxicity.

Введение. Рост крупных городских центров приводит к росту антропогенного воздействия на окружающую среду. В связи с этим большое значение имеет биологический мониторинг качества снегового покрова, так как снег аккумулирует пыль, тяжелые металлы и пр. В период снеготаяния вредные примеси попадают из снега в почву, что может привести к загрязнению почв и грунтовых вод.

Применяемые в экологическом мониторинге физико-химические методы не всегда способны выявить токсичное влияние комплекса химических элементов, а также отдаленные последствия загрязнения. Приоритетными методами экологического контроля в настоящее время являются биологические и, в частности, методы биотестирования [1, 2].

Методы биологического анализа экосистем позволяют учесть суммарное взаимодействие поллютантов (синергизм), их взаимную нейтрализацию (антагонизм), биологическую аккумуляцию веществ и состояние экосистем в целом. Биотестирование в качестве тест-объектов используют организмы, способные дать интегральную оценку экологической ситуации, т.е. токсичности [2, 3].

Под биотестированием понимают процедуру установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменение жизненно важных функций организмов. Благодаря простоте, оперативности и доступности биотестирование получило широкое признание во всем мире [4].

Целью данной работы является оценка токсичности снегового покрова приусадебных участков, расположенных в черте г.Красноярска, по выживаемости инфузорий *Paramecium caudatum* и фитотоксичности семян салата посевного *Lactuca sativa*.

К разрешению были поставлены следующие **задачи**: оценить токсичность снегового покрова приусадебных участков по выживаемости *Paramecium caudatum* и динамике роста корней и проростков семян салата посевного *Lactuca sativa*; проанализировать пространственную динамику токсичности снегового покрова приусадебных участков, расположенных в черте города Красноярска; провести сравнительный анализ токсичности снегового покрова разных районов по реакциям тест-объектов.

Объект исследования. Объектами исследования являлись образцы снегового покрова приусадебных участков, расположенных в черте г. Красноярска.

Пробы снега отбирались в марте 2012 г. в трехкратной повторности с приусадебных участков из следующих районов г. Красноярска: Ветлужанка, Бугач, Академгородок, Покровка, Красфарма (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема г. Красноярска: станции отбора проб (приусадебные участки): ст. 1 – пос. Бугач; ст. 2 – мкр-н Ветлужанка; ст. 3 – мкр-н Покровка; ст. 4 – мкр-н Академгородок; ст. 5 – Красфарма

Методика биотестирования. Показателем токсичности служит выживаемость, фиксируемая по числу выживших линий *Paramecium caudatum*. Критерием токсичности является достоверное отличие контрольных и опытных вариантов, которая оценивалась по критерию Стьюдента [4–6].

Тест-объект салат посевной (*Lactuca sativa*). Критерием вредного действия принято 50 %-е ингибирование роста корней и проростков семян. Достоверное различие контрольных и опытных показателей определяют по критерию Стьюдента.

Результаты исследования. Для выявления токсичности снега проводились эксперименты на выживаемость и смертность тест-объекта (инфузории *Paramecium caudatum*) (рис. 2).

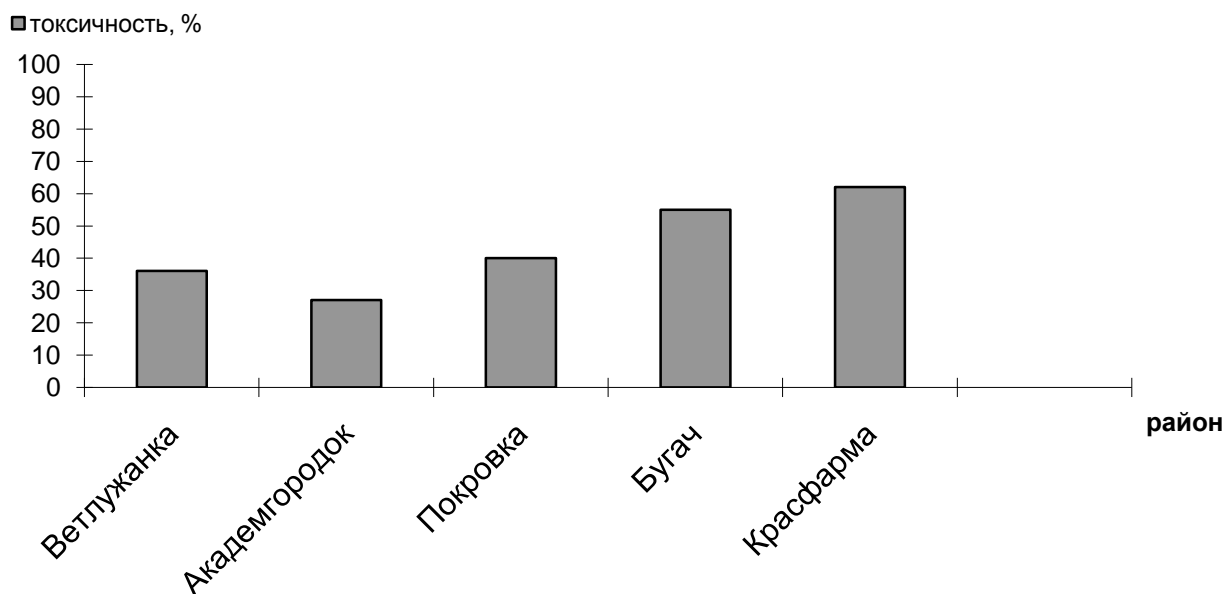


Рис. 2. Токсичность снегового покрова приусадебных участков, расположенных в черте г. Красноярска, по реакции выживаемости инфузории *Paramecium caudatum* (март 2012 г.)

Установлено, что в пробах снегового покрова, отобранных в районах – Октябрьском (Ветлужанка, станция Бугач), Центральном (Покровка), отмечается достоверное снижение выживаемости парамеций по критерию Стьюдента ($p < 0,05$), ситуация характеризуется как токсичная, за исключением проб, отобранных в микрорайоне Академгородок.

В пробах, отобранных по правому берегу в Свердловском районе (Красфарма), также отмечается достоверное снижение выживаемости *Paramecium caudatum* по критерию Стьюдента ($p < 0,05$), ситуация характеризуется как токсичная (табл. 1).

Таблица 1

Оценка токсичности снегового покрова приусадебных участков г. Красноярска по реакции выживаемости *Paramecium caudatum* (март 2012 г.)

Вариант	Экспозиция, мин	Данные эксперимента, $X \pm m$	Достоверность различий по критерию Стьюдента, $P < 0,05$
1	2	3	4
Контроль	5	$11,8 \pm 0,5$	
	30	$11,1 \pm 0,5$	
	60	$11,3 \pm 0,5$	
Проба 1 (Ветлужанка)	5	$11,2 \pm 0,4$	Недостоверно
	30	$7,5 \pm 0,4$	Достоверно
	60	$4,3 \pm 0,4$	Достоверно
Проба 2 (Ветлужанка)	5	$11,7 \pm 0,5$	Недостоверно
	30	$8,9 \pm 0,4$	Недостоверно
	60	$4,8 \pm 0,4$	Достоверно

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Проба 3 (Ветлужанка)	5	12,7±0,6	Недостовечно
	30	10,1±0,4	Недостовечно
	60	7,2±0,5	Достовечно
Контроль	5	10,4±0,8	
	30	6,4±0,6	
	60	9,2±0,6	
Проба 1 (Академгородок)	5	13,6±0,8	Недостовечно
	30	10,5±0,5	Недостовечно
	60	8,3±0,2	Недостовечно
Проба 2 (Академгородок)	5	12,3±0,4	Недостовечно
	30	8,9±0,4	Недостовечно
	60	7,3±0,7	Недостовечно
Проба 3 (Академгородок)	5	12,7±0,5	Недостовечно
	30	10,2±0,4	Недостовечно
	60	6,6±0,5	Достовечно
Контроль	5	9,4±0,6	
	30	9,3±0,6	
	60	8,9±0,5	
Проба 1 (Бугач)	5	10,1±0,7	Недостовечно
	30	9,3±0,7	Недостовечно
	60	6,1±0,5	Недостовечно
Проба 2 (Бугач)	5	9,6±0,4	Недостовечно
	30	7,7±0,3	Недостовечно
	60	2,3±0,4	Достовечно
Проба 3 (Бугач)	5	10,5±0,5	Недостовечно
	30	6,4±0,4	Достовечно
	60	3,5±0,3	Достовечно
Контроль	5	10,4±0,5	
	30	10,0±0,7	
	60	9,2±0,3	
Проба 1 (Покровка)	5	10,3±0,4	Недостовечно
	30	8,0±0,5	Недостовечно
	60	4,4±0,3	Достовечно
Проба 2 (Покровка)	5	10,6±0,5	Недостовечно
	30	9,1±0,4	Недостовечно
	60	5,2±0,4	Достовечно
Проба 3 (Покровка)	5	10,5±0,5	Недостовечно
	30	9,0±0,5	Недостовечно
	60	5,7±0,3	Достовечно
Контроль	5	11,3±0,6	
	30	10,9±0,5	
	60	10,2±0,4	
Проба 1 (Красфарма)	5	12,3±0,6	Недостовечно
	30	8,1±0,5	Достовечно
	60	3,8±0,3	Достовечно
Проба 2 (Красфарма)	5	12,0±0,7	Недостовечно
	30	8,0±0,5	Достовечно
	60	3,1±0,4	Достовечно
Проба 3 (Красфарма)	5	12,2±0,5	Недостовечно
	30	7,7±0,3	Достовечно
	60	2,8±0,4	Достовечно

Проанализированные пробы снегового покрова районов города Красноярска по фитотоксичности семян салата посевого оценивались в основном как токсичные, так как отмечалось ингибирование роста корней и побегов по сравнению с контролем как по правому, так и по левому берегу районов города Красноярска (рис. 3).

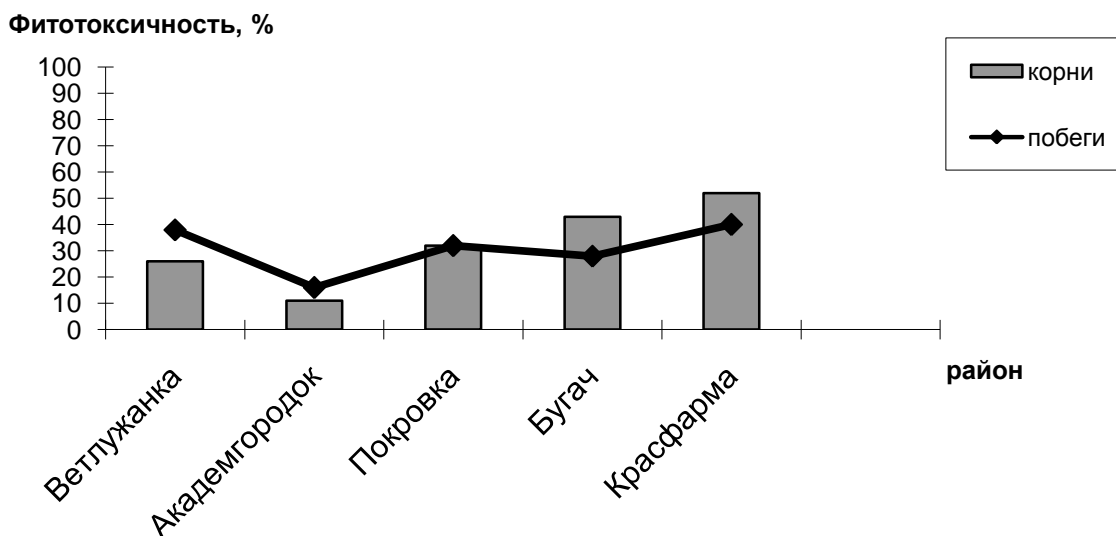


Рис. 3. Токсичность снегового покрова приусадебных участков, расположенных в черте г.Красноярска, по фитотоксичности семян салата посевого *Lactuca sativa*

По левому берегу в районах Октябрьском (Ветлужанка, станция Бугач), Центральном (Покровка) токсикологический анализ отмечает ингибирование роста корней и побегов ($A=27-47\%$) по сравнению с контролем, ситуация характеризуется как токсичная, за исключением проб, отобранных в микрорайоне Академгородок ($A=5-24\%$), что свидетельствует о нетоксичности проб.

По правому берегу в Свердловском районе (Красфарма) фитотоксический анализ отмечает значительное ингибирование роста проростков семян салата посевого ($A=35-63\%$), ситуация характеризуется как токсичная (табл. 2.).

Таблица 2

Длина корня и стебля и фитотоксическая активность салата посевого (*Lactuca sativa*) в различных вариантах опыта (март 2012 г.)

Вариант опыта	Длина корней, мм $X \pm m$	Фитотоксическая активность ингибирования корней, %	Длина побега, мм	Фитотоксическая активность ингибирования побега, %
1	2	3	4	5
Ветлужанка				
Контроль	0,57±0,05		0,27±0,03	
Проба 1	0,44±0,05	23	0,17±0,03	37
Проба 2	0,41±0,05	28	0,15±0,03	44
Проба 3	0,42±0,05	26	0,18±0,03	33
Академгородок				
Контроль	0,58±0,05		0,25±0,03	
Проба 1	0,53±0,05	9	0,21±0,03	16
Проба 2	0,55±0,05	5	0,19±0,03	24
Проба 3	0,47±0,05	19	0,23±0,03	8

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Покровка				
Контроль	0,55±0,05		0,29±0,03	
Проба 1	0,31±0,05	44	0,23±0,03	21
Проба 2	0,34±0,05	38	0,19±0,03	34
Проба 3	0,29±0,05	47	0,21±0,03	28
Ст. Бугач				
Контроль	0,51±0,05		0,25±0,03	
Проба 1	0,33±0,05	35	0,17±0,03	32
Проба 2	0,37±0,05	27	0,16±0,03	36
Проба 3	0,34±0,05	33	0,18±0,03	28
Красфарма				
Контроль	0,53±0,05		0,25±0,03	
Проба 1	0,29±0,05	45	0,17±0,03	35
Проба 2	0,27±0,05	49	0,14±0,03	44
Проба 3	0,25±0,05	63	0,15±0,03	40

Таким образом, в результате анализа проб снежного покрова приусадебных участков г.Красноярска можно выделить участки с повышенным уровнем токсичности – Красфарма (Свердловский район); станция Бугач, Ветлужанка (Октябрьский район); Центральный район (Покровка); за исключением проб, отобранных в районах Академгородок и Госуниверситет (Октябрьский район), которые оценивались по показаниям тест-объектов как нетоксичные и малотоксичные.

Выводы

1. Токсичность снегового покрова ряда приусадебных участков г. Красноярска по реакциям выживаемости *Paramecium caudatum* оценена в основном на уровне допустимой ($T=0,0-0,24$) и умеренной ($T=0,25-0,70$).

2. В результате анализа снеговых проб по ингибированию роста корней и проростков семян салата посевного токсичность снегового покрова оценивается по фитотоксической активности в основном как повышенная ($A=27-63\%$), за исключением проб, отобранных в районе Академгородка, где отмечены невысокие показатели фитотоксичности – 5–24%.

3. Установлено, что в первые 5 и 30 минут эксперимента (район Академгородок, Госуниверситет, Красфарма, Ветлужанка, Покровка и ст.Бугач) пробы снега характеризовались в основном как нетоксичные.

4. Отмечено усиление токсического эффекта по показателю выживаемости *Paramecium caudatum* во всех вариантах проб по прошествии 60 минут эксперимента, что свидетельствует о хронической токсичности проб снега.

5. Токсичный эффект по показателю выживаемости *Paramecium caudatum* проявлялся на уровне 20 % и выше смертности клеток.

6. Фитотоксический эффект по ингибированию роста корней и побегов семян салата посевного проявлялся в основном на уровне 24 % и выше.

Литература

1. Бойкова Д.Е. Применение простейших в токсикологических исследованиях // Экспериментальная водная токсикология. – 1991. – Вып.15. – С. 155–164.
2. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 155 с.
3. Бурковский И.Б. Экология свободноживущих инфузорий. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 208 с.
4. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. – М.: Междунар. Дом сотрудничества, 1997. – 144 с.
5. Инфузории в биотестировании: тез. докл. Междунар. заоч. науч.-практ. конф. – СПб.: Архив ветеринарных наук, 1998. – 304 с.
6. Кокова В.Е. Непрерывное культивирование беспозвоночных. – Новосибирск: Наука, 1982. – 167 с.