

АНАЛИЗ ТОКСИЧНОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ЗЕЛЕННЫХ ЗОН г. КРАСНОЯРСКА  
МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ\*

I.A. Shadrin

ANALYSIS OF SNOW COVER TOXICITY OF KRASNOYARSK GREEN ZONES  
BY BIOTESTING METHOD

**Шадрин И.А.** – канд. биол. наук, доц. каф. ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: schadrin@bk.ru

**Shadrin I.A.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Landscape Architecture, Botany, Agroecology, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: schadrin@bk.ru

Снежный покров, как аккумулятор загрязнений различной природы, привлекает к себе все большее внимание исследователей. Применяемые в экологическом мониторинге химические методы анализа не всегда могут дать комплексную оценку состояния окружающей среды, на что способны биологические методы анализа, например, с помощью биотестирования. Цель работы – оценка состояния снежного покрова с территории зеленых зон (скверов и парков) г. Красноярска по динамике выживаемости и смертности тест-объекта инфузории *Paramecium caudatum*. Пробы снега (интегральная проба из 3–4 повторностей) отбирались на территории ряда скверов и парков (тропа, газон) г. Красноярска в марте 2017 года. Для оценки острого токсического воздействия на тест-объект использовался метод индивидуальных (параллельных) линий парамеций. Проанализированные образцы снега, отобранные с территории скверов и парков г. Красноярска, по реакции выживаемости простейших оценены в большинстве случаев как допустимо ( $T_i = 0,0–0,21$ ) и умеренно токсичные ( $T_i = 0,29–0,61$ ). Значительный токсический эффект отмечался в пробах с территории заповедника «Столбы» (тропа) ( $T_i = 0,87$ ), оцененный на уровне высокой токсичности. Токсичный эффект по показателю выживаемости инфузории *Paramecium caudatum* проявлялся в основном на уровне 5–60 % и выше смертности особей. Пробы с троп оценивались как более токсичные по сравнению с

газонами. Отмечено снижение выживаемости клеток инфузории *Paramecium caudatum* в опытных пробах по истечении 60 минут эксперимента. В результате анализа образцов снега можно выделить участки, оцененные как наиболее токсичные: Энергетики, ул. Вавилова, ул. 26 Бакинских комиссаров.

**Ключевые слова:** *Paramecium caudatum*, инфузории, токсичность, биотестирование.

Snow cover as the accumulator of pollution of various nature draws to itself increasing attention of researchers. Chemical methods of the analysis applied in environmental monitoring cannot always give complex assessment of the state of environment, on which biological methods of the analysis, for example, by means of biotesting are capable. The work purpose is the assessment of the condition of snow cover from the territory of green zones (squares and parks) Krasnoyarsk on dynamics of survival and mortality of test object of infusorium of *Paramecium caudatum*. Snow tests (integrated test from 3–4 repetition) were selected on the territory of a number of squares and parks (a track, a lawn) of Krasnoyarsk in March, 2017. For the assessment of sharp toxic impact on test object method of individual (parallel) lines of parametion was used. Analysed snow samples selected from the territory of squares and parks of Krasnoyarsk on reaction of survival of protozoa are estimated in most cases as admissible ( $T_i = 0.0–0.21$ ) and moderately toxic ( $T_i = 0.29–0.61$ ). Considerable toxic effect was noted in the tests from the territory of the reserve "Stolby"

\*Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ и Краевым государственным автономным учреждением «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» (проект 16-16-24015).

(track) ( $T_i = 0.87$ ), estimated at the level of high toxicity. Toxic effect of indicator of survival of infusorium of *Paramecium caudatum* was shown generally at the level of 5–60 % and individuals' mortality was higher. The tests from tracks were found to be more toxic in comparison with lawns. The decrease in survival of cells of infusorium of *Paramecium caudatum* in experimental tests after 60 minutes of experiment is noted. As a result of the analysis of samples of snow it is possible to allocate the sites estimated as the most toxic: Energetiki, Vavilov Street, 26 Baku Commissioners St.

**Keywords:** *Paramecium caudatum*, infusori-  
ums, toxicity, biotesting.

**Введение.** Снежный покров, как аккумулятор загрязнений различной природы, привлекает к себе все большее внимание исследователей [1, 2]. Применяемые в экологическом мониторинге химические методы анализа не всегда могут дать комплексную оценку состояния окружающей среды. Комплексную оценку состояния окружающей среды можно провести биологическими методами анализа, например с помощью биотестирования [1–4].

Благодаря большому выбору тест-объектов, простоте их культивирования, оперативности тест-реакций и доступности, биотестирование получило широкое признание во всем мире [3, 4].

**Цель работы.** Оценка состояния снежного покрова с территории зеленых зон (скверов и парков) г. Красноярска по динамике выживаемости и смертности тест-объекта инфузории *Paramecium caudatum*.

**Методы исследования.** Методика биотестирования. Инфузория представляет собой сложный одноклеточный организм, чутко реагирующий на изменение внешних условий, при

этом проявление реакций на внешнее воздействие можно достаточно легко зарегистрировать.

Для оценки острого токсического воздействия на тест-объект использовался метод индивидуальных (параллельных) линий парамеций [5].

Показателем токсичности служит выживаемость особей в эксперименте, фиксируемая по числу выживших линий простейших. Анализируется динамика смертности инфузорий в разных средах: контроль – среда Лозина-Лозинского и опыт – почвенная вытяжка.

Достоверность различий контрольных и опытных вариантов оценивалась по критерию Стьюдента и по индексу токсичности ( $T_i$ ).

**Объект исследования.** Для выявления токсического воздействия проводились эксперименты с образцами снежного покрова с территории скверов и парков г. Красноярска.

Пробы снега (интегральная проба из 3–4 повторностей) отбирались на территории ряда скверов и парков (тропа, газон) г. Красноярска в марте 2017 года: фанпарк «Бобровый лог», о. Татышев, парк «Серебряный» (Октябрьский м-н), академгородок (возле КНЦ), парк культуры и отдыха им. М. Горького, м-н Покровка, парк Чернышевского, м-н Советский, м-н Энергетики (остановка Звездный), ТРЦ «Планета», ул. Вавилова (остановка Стела), м-н Черемушки, ул. 26 Бакинских комиссаров (возле Свердловского РОВД), о. Отдыха, микрорайон Ветлужанка, заповедник «Столбы».

**Результаты исследования и их обсуждение.** Проанализирован ряд проб снега скверов и парков, расположенных на территории города Красноярска, по реакции выживаемости и смертности инфузории *Paramecium caudatum* (табл.).

#### Оценка токсичности снежного покрова с территории скверов и парков г. Красноярска по реакции выживаемости *Paramecium caudatum* (март 2017 г.)

Вариант	Экспозиция, мин	Данные эксперимента, $X \pm m$	Токсичность		Достоверность различий по критерию Стьюдента, $P < 0,05$
			$T_i$	Степень	
1	2	3	4	5	6
Контроль	5	10,40±0,40	-	-	-
	30	10,40±0,40			
	60	10,40±0,40			
«Бобровый лог» (газон)	5	10,90±0,26	0,05	Допустимая	Недостаточно Достоверно Достоверно
	30	9,30±0,60	0,11	Допустимая	
	60	8,90±0,57	0,14	Допустимая	

1	2	3	4	5	6
«Бобровый лог» (тропа)	5	10,70±0,55	0,03	Допустимая	Недостаточно
	30	9,80±0,42	0,06	Допустимая	Недостаточно
	60	7,20±0,64	0,31	Умеренная	Достаточно
о. Отдыха (газон)	5	10,20±0,53	0,02	Допустимая	Недостаточно
	30	10,20±0,53	0,02	Допустимая	Недостаточно
	60	9,60±0,49	0,08	Допустимая	Недостаточно
о. Отдыха (тропа)	5	11,30±0,43	0,08	Допустимая	Недостаточно
	30	11,0±0,35	0,06	Допустимая	Недостаточно
	60	10,70±0,32	0,03	Допустимая	Недостаточно
«Столбы» (газон)	5	11,0±0,42	0,08	Допустимая	Недостаточно
	30	10,10±0,55	0,03	Допустимая	Недостаточно
	60	8,90±0,56	0,14	Допустимая	Достаточно
«Столбы» (тропа)	5	10,11±0,40	0,0	Допустимая	Недостаточно
	30	6,70±0,64	0,36	Умеренная	Достаточно
	60	1,30±0,77	0,87	Высокая	Достаточно
Контроль	5	5,50±0,32	-	-	-
	30	5,50±0,32	-	-	-
	60	5,50±0,32	-	-	-
о. Татышев (газон)	5	5,90±0,17	0,07	Допустимая	Недостаточно
	30	5,90±0,17	0,07	Допустимая	Недостаточно
	60	5,20±0,24	0,05	Допустимая	Недостаточно
ул. Вавилова (газон)	5	5,10±0,36	0,07	Допустимая	Недостаточно
	30	5,10±0,36	0,07	Допустимая	Недостаточно
	60	3,0 ±0,57	0,45	Умеренная	Достаточно
ул. Вавилова (тропа)	5	5,50±0,43	0,0	Допустимая	Недостаточно
	30	5,50±0,43	0,0	Допустимая	Недостаточно
	60	3,90±0,30	0,29	Умеренная	Достаточно
Контроль	5	5,20±0,19	-	-	-
	30	5,20±0,19	-	-	-
	60	5,20±0,19	-	-	-
о. Татышев (тропа)	5	5,0±0,20	0,04	Допустимая	Недостаточно
	30	5,0±0,20	0,04	Допустимая	Недостаточно
	60	4,90±0,22	0,06	Допустимая	Недостаточно
Парк «Серебряный» (газон)	5	5,10±0,22	0,02	Допустимая	Недостаточно
	30	5,10±0,22	0,02	Допустимая	Недостаточно
	60	4,90±0,17	0,06	Допустимая	Недостаточно
Академгородок (газон)	5	5,20±0,20	0,0	Допустимая	Недостаточно
	30	5,0±0,14	0,04	Допустимая	Недостаточно
	60	4,80±0,13	0,08	Допустимая	Недостаточно
Академгородок (тропа)	5	5,0±0,14	0,04	Допустимая	Недостаточно
	30	4,60±0,15	0,12	Допустимая	Достаточно
	60	4,20±0,31	0,19	Допустимая	Достаточно
Ветлужанка (газон)	5	5,50±0,21	0,06	Допустимая	Недостаточно
	30	5,40±0,15	0,04	Допустимая	Недостаточно
	60	5,10±0,15	0,02	Допустимая	Недостаточно
Ветлужанка (тропа)	5	5,60±0,39	0,08	Допустимая	Недостаточно
	30	5,60±0,39	0,08	Допустимая	Недостаточно
	60	4,60±0,15	0,12	Допустимая	Достаточно

Продолжение табл.

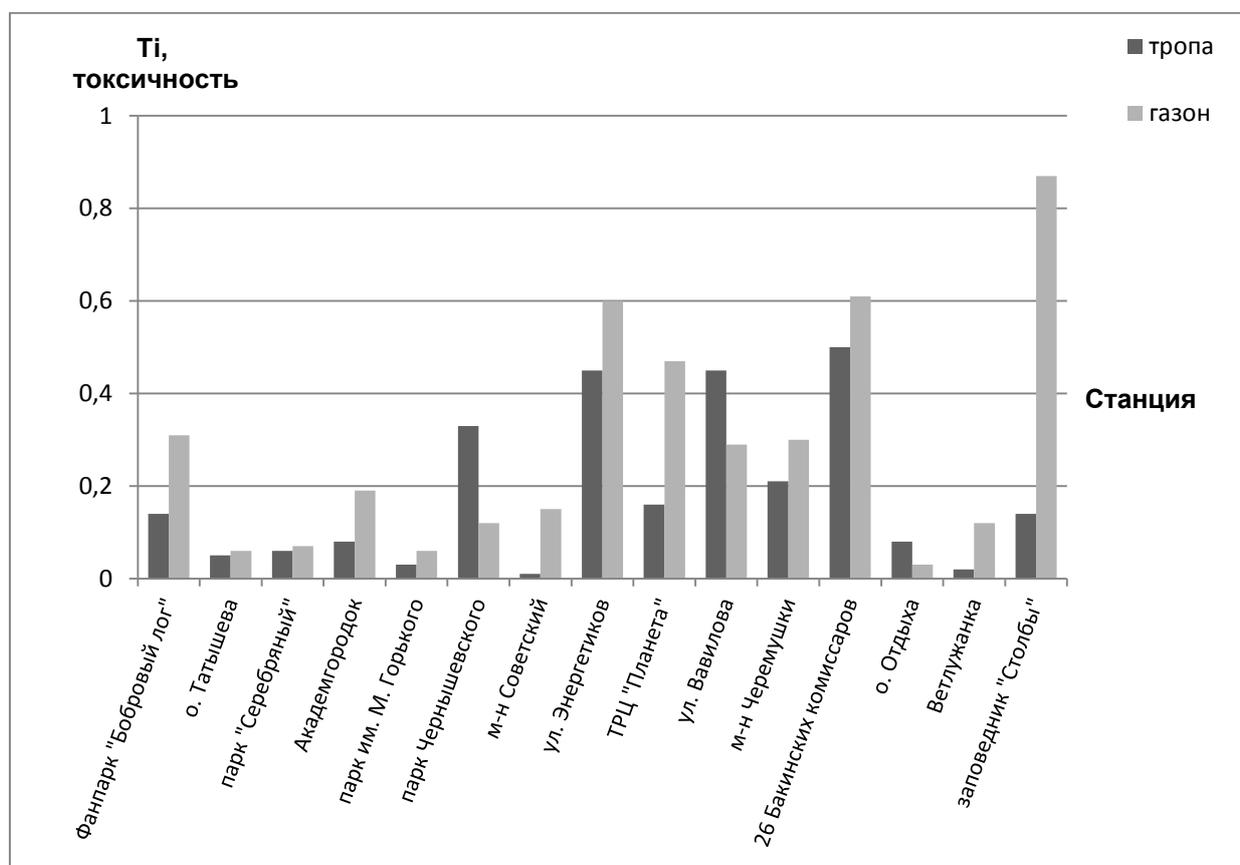
1	2	3	4	5	6
Контроль	5	10,60±0,47	-	-	-
	30	10,60±0,47			
	60	10,60±0,47			
ТРЦ «Планета» (газон)	5	10,70±0,37	0,01	Допустимая	Недостовечно
	30	8,90±0,38	0,16	Допустимая	Достовечно
	60	8,90 ±0,38	0,16	Допустимая	Достовечно
ТРЦ «Планета» (тропа)	5	9,50±0,32	0,09	Допустимая	Недостовечно
	30	9,50±0,32	0,09	Допустимая	Недостовечно
	60	5,50±0,32	0,47	Умеренная	Достовечно
Парк «Сереб- ряный» (тропа)	5	11,50±0,51	0,08	Допустимая	Недостовечно
	30	11,50±0,51	0,08	Допустимая	Недостовечно
	60	11,30±0,40	0,07	Допустимая	Недостовечно
Парк им. М. Горького (газон)	5	10,60±0,43	0,0	Допустимая	Недостовечно
	30	10,50±0,41	0,01	Допустимая	Недостовечно
	60	10,30±0,32	0,03	Допустимая	Недостовечно
Парк им. М. Горького (тропа)	5	11,20±0,30	0,06	Допустимая	Недостовечно
	30	10,0±0,50	0,06	Допустимая	Недостовечно
	60	10,0±0,50	0,06	Допустимая	Недостовечно
Парк Чернышевского (газон)	5	11,0±0,42	0,04	Допустимая	Недостовечно
	30	10,70±0,28	0,01	Допустимая	Недостовечно
	60	10,70±0,28	0,01	Допустимая	Недостовечно
Парк Чернышевского (тропа)	5	10,50±0,41	0,01	Допустимая	Недостовечно
	30	9,0±0,56	0,15	Допустимая	Достовечно
	60	9,0±0,56	0,15	Допустимая	Достовечно
Контроль	5	10,50±0,47	-	-	
	30	10,50±0,47			
	60	10,50±0,47			
Парк «Гвардейский» (газон)	5	11,0±0,42	0,04	Допустимая	Недостовечно
	30	9,70±0,20	0,09	Допустимая	Недостовечно
	60	9,70±0,20	0,09	Допустимая	Недостовечно
Парк «Гвардейский» (тропа)	5	11,20±0,40	0,06	Допустимая	Недостовечно
	30	11,20±0,40	0,06	Допустимая	Недостовечно
	60	5,30±0,40	0,50	Умеренная	Достовечно
Микрорайон Энергетиков (газон)	5	10,0±0,30	0,04	Допустимая	Недостовечно
	30	9,40±0,20	0,10	Допустимая	Достовечно
	60	5,70±0,40	0,45	Умеренная	Достовечно
Микрорайон Энергетиков (тропа)	5	10,20±0,40	0,03	Допустимая	Недостовечно
	30	6,40±0,55	0,39	Умеренная	Достовечно
	60	4,20±0,40	0,60	Умеренная	Достовечно
Контроль	5	10,40±0,80	-	-	-
	30	10,40±0,80			
	60	10,40±0,80			
Микрорайон Черемушки (газон)	5	10,60±0,80	0,01	Допустимая	Недостовечно
	30	10,60±0,80	0,01	Допустимая	Недостовечно
	60	8,20 ±0,20	0,21	Допустимая	Достовечно
Микрорайон Черемушки (тропа)	5	9,80±0,40	0,06	Допустимая	Недостовечно
	30	8,90±0,50	0,14	Допустимая	Достовечно
	60	7,30±0,70	0,30	Умеренная	Достовечно

1	2	3	4	5	6
ул. 26 Бакинских комиссаров (газон)	5	10,0±0,50	0,01	Допустимая	Недостаточно
	30	8,0±0,45	0,23	Допустимая	Достаточно
	60	5,20±0,32	0,50	Умеренная	Достаточно
ул. 26 Бакинских комиссаров (тропа)	5	9,6±0,50	0,07	Допустимая	Недостаточно
	30	9,6±0,50	0,07	Допустимая	Недостаточно
	60	4,0±0,30	0,61	Умеренная	Достаточно

В пробах снега, отобранных на территории (газон, тропа) парка «Серебряный», парка им. М. Горького, о. Отдыха и на о. Татышев, отмечается недостаточно снижение выживаемости инфузории по критерию Стьюдента

( $p > 0,05$ ), пробы характеризуются как допустимо токсичные ( $T_i = 0,03-0,08$ ) (рис.).

Высокий уровень токсичности отмечается в пробах, отобранных на территории заповедника «Столбы» (тропа) ( $T_i = 0,87$ ).



Динамика токсичности снега с территорий зеленых зон г. Красноярск по реакции выживаемости инфузории *Paramecium caudatum*

Умеренной степенью токсичности характеризуются пробы, отобранные на территории фанпарка «Бобровый лог» (тропа) ( $T_i = 0,31$ ); в Советском районе (тропа) ( $T_i = 0,50$ ); Энергетики ( $T_i = 0,45-0,60$ ); ТРЦ «Планета» (тропа) ( $T_i = 0,47$ ); ул. Вавилова ( $T_i = 0,29-0,45$ ); м-н Черемушки (тропа) ( $T_i = 0,50$ ); ул. 26 Бакинских комиссаров ( $T_i = 0,50-0,61$ ).

Таким образом, на уровне высокой токсичности были оценены пробы снега, отобранные на территории заповедника «Столбы» (тропа); пробы из остальных районов оценивались как малотоксичные и среднетоксичные (допустимо и умеренно токсичные).

Следовательно, в результате анализа проб снега можно выделить наиболее токсичные

участки: м-н Энергетики, ул. Вавилова, ул. 26 Бакинских комиссаров.

### Выводы

1. Проанализированные образцы снега, отобранные с территории скверов и парков г. Красноярска, по реакции выживаемости простейших оценены в большинстве случаев как допустимо ( $T_i = 0,0-0,21$ ) и умеренно токсичные ( $T_i = 0,29-0,61$ ).

2. Значительный токсический эффект отмечался в пробах с территории заповедника «Столбы» (тропа) ( $T_i = 0,87$ ) – уровень высокой токсичности.

3. Токсичный эффект по показателю выживаемости инфузории *Paramecium caudatum* проявлялся в основном на уровне 5–60 % и выше смертности особей. Пробы с троп оценивались как более токсичные по сравнению с газонами.

4. Отмечено снижение выживаемости клеток инфузории *Paramecium caudatum* в опытных пробах по истечении 60 минут эксперимента.

5. В результате анализа образцов снега можно выделить участки, оцененные как наиболее токсичные: м-н Энергетики, ул. Вавилова, ул. 26 Бакинских комиссаров.

### Литература

1. Оценка экологического неблагополучия урбосистем на основе данных мониторинга снежного и почвенного покровов (на примере г. Саратова) / О.В. Абросимова, М.А. Быкова, М.Ю. Меркулова [и др.] // Вестн. Саратов. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 1 (73). – Т. 4. – С. 239–244.
2. Демиденко Г.А., Напесочный Н.С. Оценка

загрязнения снежного покрова в городе Красноярске // Вестн. Омск. гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 2 (22). – С. 115–120.

3. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. – М., 1997. – 144 с.
4. Инфузории в биотестировании: тез. докл. Междунар. заоч. науч.-практ. конф. – СПб., 1998. – 304 с.
5. Кокова В.Е. Непрерывное культивирование беспозвоночных. – Новосибирск: Наука, 1982. – 167 с.

### Literatura

1. Ocena jekologicheskogo neblagopoluchija urbosistem na osnove dannyh monitoringa snezhnogo i pochvennogo pokrovov (na primere g. Saratova) / O.V. Abrosimova, M.A. Bykova, M.Ju. Merkulova [i dr.] // Vestn. Saratov. gos. tehn. un-ta. – 2013. – № 1 (73). – Т. 4. – С. 239–244.
2. Demidenko G.A., Napesochnyj N.S. Ocena zagraznenija snezhnogo pokrova v gorode Krasnojarske // Vestn. Omsk. gos. agrar. un-ta. – 2016. – № 2 (22). – С. 115–120.
3. Zhmur N.S. Gosudarstvennyj i proizvodstvennyj kontrol' toksichnosti vod metodami biotestirovanija v Rossii. – М., 1997. – 144 s.
4. Infuzorii v biotestirovanii: tez. dokl. Mezhdunar. zaoch. nauch.-prakt. konf. – SPb., 1998. – 304 s.
5. Kokova V.E. Nepreryvnoe kull'tivirovanie bespozvonochnyh. – Novosibirsk: Nauka, 1982. – 167 s.