



УДК 57. 042

Е.Н. Еськова, Н.Н. Кириенко

ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ СНЕЖНОГО  
ПОКРОВА ОКРЕСТНОСТЕЙ г. КРАСНОЯРСКА

Е.Н. Eskova, N.N. Kirienko

THE INFLUENCE OF MOTOR TRANSPORT ON PHYTOTOXICITY  
OF SNOW COVER of KRASNOYARSK VICINITIES

**Еськова Е.Н.** – канд. биол. наук, доц., зав. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: nikeskov@mail.ru

**Кириенко Н.Н.** – д-р биол. наук, проф. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: nata.k62@mail.ru

**Eskova E.N.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: nikeskov@mail.ru

**Kirienko N.N.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: nata.k62@mail.ru

Целью работы являлось определение токсичности образцов снега, взятых на разном расстоянии от дорожного полотна трассы М-53 (окрестности г. Красноярск), методом фитотестирования. Исследования проводились в 2014–2015 гг. Отбор проб снега осуществлялся в период максимального накопления влагозапаса в снеге до периода интенсивного снеготаяния – 10–12 марта. Пробы отбирались с помощью весового снегомера на разных расстояниях от дорожного полотна (в 10, 20, 30, 40, 50 и 100 м). Мониторинг интенсивности движения автотранспорта по трассе М-53 показал высокую ее загруженность в течение года (более 37 тыс. автомобилей в сутки). В час от проезжающих по автотрассе автомобилей в атмосферу поступает 92,1–170 г угарного газа, 16–29,4 г углеводов, 12,7–22,9 г диоксида азота. Наибольшее угнетение жизнедеятельности растений наблюдается при использовании для проращивания семян образцов снега, взятых в 10 м от кромки дороги. Так, энергия прорастания и

всхожесть семян ячменя уменьшились на 37,5 и 38,2 абс.% по сравнению с контролем – семенами, проращиваемыми в дистиллированной воде. Еще более значимое ингибирование жизненных процессов наблюдалось у семян кресс-салата (энергия прорастания снизилась на 40,5 %, а всхожесть – на 42,8 %,  $p < 0,01$ ). Угнетение роста проростков у ячменя составляло 5,5–22,7 %, у кресс-салата – 22,4–52,0, корней соответственно 10,8–27,3 и 26,1–54,3 % при  $p < 0,05–0,01$ . Индекс фитотоксичности снежного покрова рассчитывался по всем учитываемым параметрам: энергия прорастания ( $ИФ_э$ ); всхожесть семян ( $ИФ_в$ ); длина проростков ( $ИФ_{дл}$ ) и длина корней ( $ИФ_{дк}$ ) тест-растений. Установлено, что фитотоксическое действие снежного покрова на расстоянии до 40 м от дорожного полотна распространяется на такие параметры тест-растений, как энергия прорастания, длина проростков, длина корней, на расстоянии 50 м – на всхожесть семян. Большую чувствительность к загрязнению депонирующей среды

проявляют семена кресс-салата по сравнению с семенами ячменя, а среди учитываемых параметров – длина корней.

**Ключевые слова:** мониторинг, автотранспорт, снежный покров, фитотестирование, тест-растения, индекс фитотоксичности.

*The purpose of the study was the determination of toxicity of the samples of the snow taken at different distance from a roadbed of the route M-53 (the vicinity of Krasnoyarsk), a phytotesting method. The researches were conducted in 2014–2015. The sampling of the snow was carried out during the maximum accumulation of moisture content in the snow till the period of intensive snowmelt – on March, 10–12. The tests were selected by means of the weight snow gage at different distances from a roadbed (in 10, 20, 30, 40, 50 and 100 m). The Monitoring of the intensity of traffic on the route M-53 showed its high load within a year (more than 37 thousand cars per day). In an hour from the cars passing on a highway 92.1–170 g of carbon monoxide, 16–29.4 g of hydrocarbons, 12.7–22.9 of dioxide of nitrogen come to the atmosphere. The greatest oppression of plants activity was observed when using for growing of seeds the samples of the snow taken in 10 m from a road edge. So, the energy of germination and viability of seeds of barley decreased on 37.5 and 38.2 abs. % in comparison with control group with the seeds couched in the distilled water. Even more significant inhibition of vital processes was observed at garden cress seeds (the energy of germination decreased by 40.5 %, and the viability – for 42.8 %,  $p < 0.01$ ). The oppression of sprouts growth in barley made 5.5–22.7 %, at a garden cress – 22.4–52.0, roots respectively 10.8–27.3 and 26.1–54.3 % at  $r < 0.05$  – 0.01. The index of phytotoxicity of the snow cover paid off in all considered parameters: the energy of germination (IFE); the viability of seeds (IFV); the length of sprouts (lfdp) and the length of roots (lfdk) of test plants. It was established that phytotoxic action of the snow cover at distance to 40 m from a roadbed extended on such parameters of test plants as the energy of germination, the length of sprouts, the length of roots, at the distance of 50 m – on viability of seeds. Big sensitivity to pollution of the depositing environment was shown by garden cress seeds in comparison with barley seeds, and*

*among the considered parameters was the length of roots.*

**Keywords:** monitoring, motor transport, snow cover, biotesting, test plants, phytotoxicity index.

**Введение.** Многие исследователи к одному из наиболее масштабных источников антропогенного загрязнения окружающей среды относят автотранспорт. В составе отработанных газов автомобильных двигателей внутреннего сгорания содержится около 280 компонентов, большинство из которых по характеру воздействия являются высокотоксичными и канцерогенными [4, 6]. В результате работы автомобильных средств и истирания автопокрышек в придорожную территорию поступают соединения свинца, алюминия, кобальта, кадмия, меди, железа, никеля и др., а также различные соли, используемые для борьбы с гололедом в зимний период. Распространяясь от дороги на значительные расстояния, выбросы и стоки формируют устойчивые аномальные придорожные территории с повышенным содержанием опасных веществ.

В наших исследованиях при изучении воздействия автотранспорта на агроландшафты пригородной зоны Красноярска определялась фитотоксичность снежного покрова. Поскольку снежный покров является идеальной депонирующей средой для поллютантов, распространяющихся воздушным путем, их аккумуляция в снеге тесно связана с уровнем загрязнения приземного слоя атмосферы и является достаточно надежным индикатором последнего [1–3, 5, 7]. В качестве одного из методов фитотестирования использовалась оценка жизнеспособности семян растений, так как семена наиболее чутко реагируют на специфические стрессовые факторы, к которым не успело адаптироваться растение во время эогенеза. К тому же фитотестирование является одним из наиболее информативных и доступных экспресс-методов для определения токсичности талой воды.

**Цель исследований.** Определить воздействие автотранспортных выбросов на фитотоксичность снежного покрова.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: определить интенсивность движения по трассе М-53 в окрестностях г. Красноярска (п. Логовой, Емельяновский район) в течение года; оценить токсичность об-

разцов снега, взятых на разном расстоянии от дорожного полотна методом фитотестирования. Исследования проводились в 2014–2015 гг.

**Объекты и методы исследований.** Интенсивность движения в районе исследований изучалась в течение года. Подсчёт количества автотранспорта проводился в утреннее, обеденное и вечернее время. Затем эти данные использовали для расчета средних показателей движущегося автотранспорта за 1 час. Выбросы автотранспортом окиси углерода, диоксида азота и соединений углеводорода определялись расчетным путем согласно типовой методике [6]. Отбор проб снега производился в период максимального накопления влагозапаса в снеге до периода интенсивного снеготаяния – 10–12 марта. Пробы отбирались с помощью весового снегомера на разных расстояниях от дорожного полотна (в 10, 20, 30, 40, 50 и 100 м).

В качестве тест-объектов были выбраны кресс-салат *Lepidium sativum* L. (сорт Весенний) и яровой ячмень *Hordeum vulgare* L. (сорт Красноярский-80). В лабораторно-вегетационном эксперименте были изучены энергия прорастания семян (на 3-е сутки) и всхожесть

(на 5-е сутки у кресс-салат и на 7-е сутки у ячменя). Рост и развитие проростков оценивали одновременно с определением всхожести по следующим параметрам: длина побега, длина корней. Для определения токсичности (выражена в процентах к контролю) талой снеговой воды использовали метод учета энергии прорастания, всхожести семян, длины стебля и корня растений в опытных вариантах. Принимали следующую градацию: 100 % – нет токсичности, 80–90 % – очень слабая токсичность, 60–80 % – слабая, 40–60 % – средняя, 20–40 % – высокая токсичность, 0–20 % – очень высокая токсичность [6].

**Результаты исследований.** Мониторинг интенсивности движения автотранспорта по трассе М-53 показал высокую ее загруженность в течение года (в среднем 1597 единиц за час, или более 37 тыс. автомобилей в сутки) (табл.1). При этом была определена сезонная интенсивность движения по автотрассе, которая составила осенью 44,8 тыс., зимой – 26 и весной 34,6 тыс. автомобилей в сутки. В соответствии с ГОСТ 17.22.03-77, трасса М-53 отнесена к дорогам с высокой интенсивностью движения.

Таблица 1

**Количество выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта**

Сезон	Интенсивность движения, авт/час	Выбросы, г		
		Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Зима	1081	92,1	16,0	12,7
Весна	1441	122,7	21,2	16,5
Лето	1999	170	29,4	22,9
Осень	1867	160,1	27,6	21,4

Количество выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта в атмосферу находится также на высоком уровне. Так, в час от проезжающих по автотрассе автомобилей в атмосферу поступает 92,1–170 г угарного газа, 16– 29,4 г углеводородов, 12,7–22,9 г диоксида азота.

Фитотоксичность снежного покрова – свойство талой воды подавлять рост и развитие высших растений, обусловленное наличием загрязняющих веществ и токсинов. Достоинствами указанного способа являются его простота и оперативность.

В наших исследованиях установлено достоверное влияние на энергию прорастания и

всхожесть семян морфометрических показателей тест-растений, места отбора проб снега (табл. 2–4). По мере приближения к дорожному полотну (от 100 до 10 м) данные показатели ухудшались. Наибольшее угнетение жизнедеятельности растений наблюдается при использовании для проращивания семян образцов снега, взятых в 10 м от кромки дороги. Так, энергия прорастания и всхожесть семян ячменя уменьшилась на 37,5 и 38,2 абс.% по сравнению с контролем – семенами, проращиваемыми в дистиллированной воде. Еще более значимое ингибирование жизненных процессов наблюдалось у семян кресс-салата (энергия прораста-

ния снизилась на 40,5 %, а всхожесть – на 42,8 %,  $p < 0,01$ ). В целом следует отметить, что достоверный фитотоксичный эффект снежного покрова распространяется на 40 м (по энергии прорастания) – 50 м (по всхожести семян) от дорожного полотна трассы М-53.

Достоверная разница с контролем по морфометрическим показателям (длине проростков и длине корней) наблюдалась в снеговой воде до 40 м от дороги (табл. 4). Угнетение роста проростков у ячменя составляло 5,5–22,7 %, у кресс-салата – 22,4–52,0 %, корней соответственно 10,8–27,3 и 26,1–54,3 %, при  $p < 0,05–0,01$ .

Таблица 2

**Влияние расстояния от дорожного полотна на энергию прорастания и лабораторную всхожесть ярового ячменя**

Расстояние от дорожного полотна, м	Энергия прорастания, %	Разница с контролем, абс.%	Всхожесть, %	Разница с контролем, абс.%
Контроль	98,9±1,51	-	97,7±1,86	-
10	61,4±2,12	37,5**	59,5±2,32	38,2**
20	76,1±1,77	22,8**	73,2±2,09	24,5**
30	82±2,01	16,9**	77,7±1,67	20,0**
40	86,8±1,11	12,1*	83±1,55	14,7**
50	95,4±1,25	4,5	88,3±1,72	9,4*
100	97,8±2,41	1,1	93,8±2,34	3,9

Здесь и далее. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ .

Таблица 3

**Влияние расстояния от дорожного полотна на энергию прорастания и лабораторную всхожесть кресс-салата**

Расстояние от дорожного полотна, м	Энергия прорастания, %	Разница с контролем, абс.%	Всхожесть, %	Разница с контролем, абс.%
Контроль	92,3±1,58	-	89,6±2,05	-
10	51,8±2,04	40,5**	46,8±2,24	42,8**
20	65±2,3	27,3**	63,5±1,67	26,1**
30	78,9±1,65	13,4**	76,7±1,98	12,9**
40	84,4±1,4	7,9*	79,5±1,75	10,1*
50	86±2,15	6,3	81,7±1,54	7,9*
100	88,9±1,77	1,4	87,3±2,31	2,3

Таблица 4

**Морфометрические параметры проростков тест-растений в различных вариантах опыта**

Расстояние от дорожного полотна, м	Ячмень		Кресс-салат	
	Длина проростков, мм	Длина корней, мм	Длина проростков, мм	Длина корней, мм
1	2	3	4	5
Контроль	156,8±3,36	105,5±3,67	39,8±3,25	40,3±2,04
10	121,3±3,87	76,7±3,35	19,1±1,84	18,4±2,93

1	2	3	4	5
20	139,2±2,53	83,7±3,58	22,6±2,35	21,3±2,54
30	141,7±3,85	89,2±2,96	26,0±2,31	25,5±3,48
40	145,5±3,86	94,2±2,48	30,9±2,01	29,8±3,3
50	148,1±3,34	100,1±3,74	33,3±2,02	33,0±2,55
100	156,7±4,31	105,6±3,57	37,9±2,26	39,0±1,89

Индекс фитотоксичности снежного покрова рассчитывался по всем учитываемым параметрам: энергии прорастания (ИФ<sub>э</sub>); всхожести (ИФ<sub>в</sub>) семян; длине проростков (ИФ<sub>дп</sub>) и длине корней (ИФ<sub>дк</sub>) тест-растений. Следует отметить неоднозначность полученных результатов (рис. 1, 2). Так, уровень токсичности проб снега, взятых в 10 м от дорожного полотна, определенный с помощью ярового ячменя, изменялся от 61 до 77 % и характеризовался как слабый, согласно градации [6]. Значения индекса токсичности по кресс-салату были значительно ниже 46–56 %, и талая снеговая вода уже была отнесена к среде, обладающей средней токсичностью. А среди изучаемых параметров наиболее чутко реагировали на загрязненность среды корни кресс-салата. Индекс фитотоксичности, рассчитанный по длине корней кресс-салата, был ниже других ИФ от 2 до 10 абс.% по кресс-салату и от 15 до 31 абс.% по яровому ячменю.

сичности по кресс-салату были значительно ниже 46–56 %, и талая снеговая вода уже была отнесена к среде, обладающей средней токсичностью. А среди изучаемых параметров наиболее чутко реагировали на загрязненность среды корни кресс-салата. Индекс фитотоксичности, рассчитанный по длине корней кресс-салата, был ниже других ИФ от 2 до 10 абс.% по кресс-салату и от 15 до 31 абс.% по яровому ячменю.

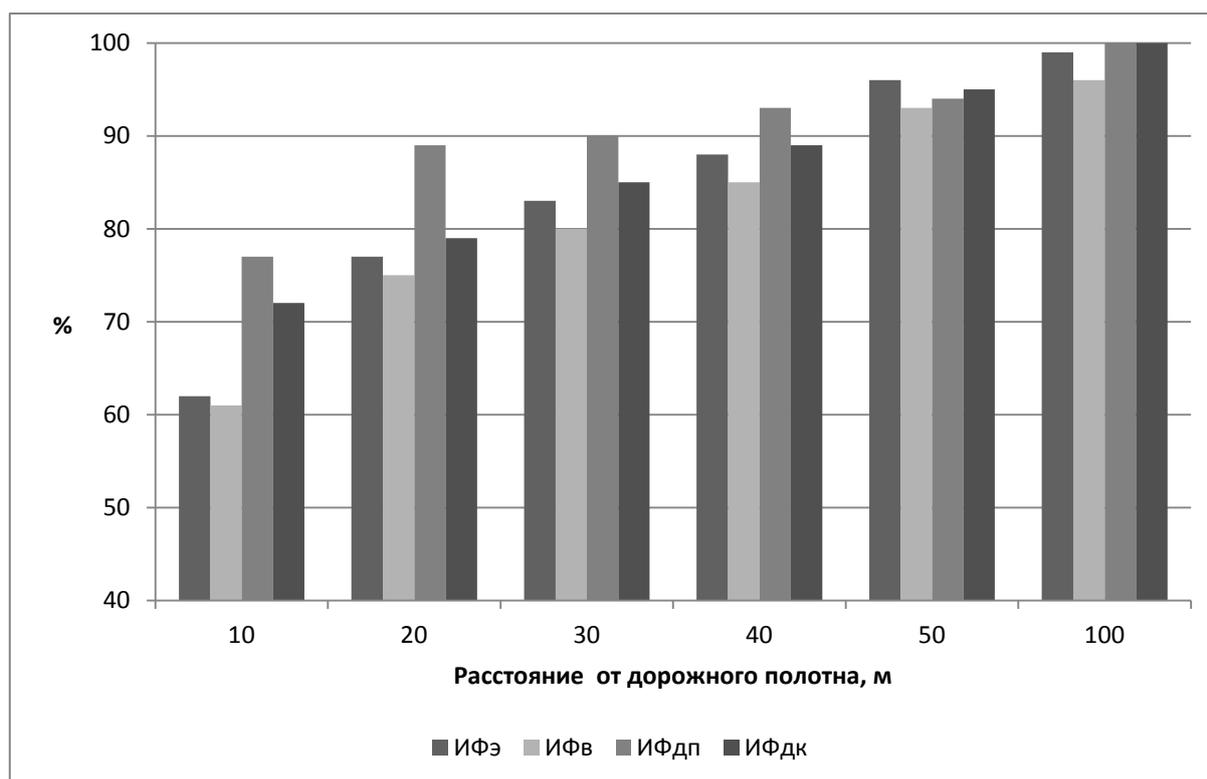


Рис. 1. Токсичность снежного покрова по индексам фитотоксичности ярового ячменя сорта Красноярский-80

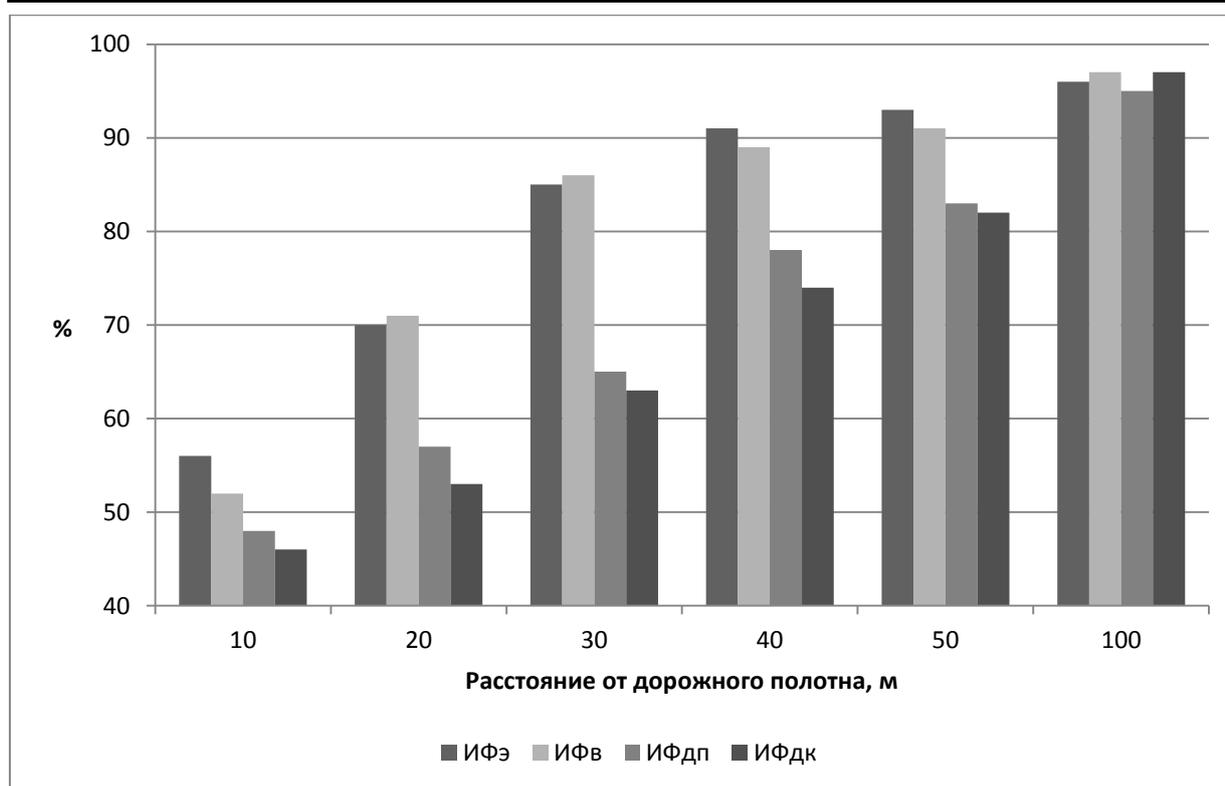


Рис. 2. Токсичность снежного покрова по индексам фитотоксичности кресс-салата сорта *Весенний*

**Заключение.** Исследование токсичности снежного покрова методом биотестирования показало: достоверное фитотоксичное действие снежного покрова на расстоянии 40 м от дорожного полотна распространяется на такие параметры тест-растений, как энергия прорастания, длина проростков, длина корней тест-растений; на расстоянии 50 м – всхожесть семян. Следует отметить большую чувствительность к загрязнению депонирующей среды семян кресс-салата, по сравнению с семенами ячменя, а среди учитываемых параметров – длины корней.

на окружающую среду // Итоги науки и техники. – М., 1993. – 238 с.

5. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. – 2011. – № 2. – С. 190–198.
6. Федорова А.И., Никольская А.Н. Авто-транспорт – основной загрязнитель биосферы больших городов: практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
7. Усков А.В. Накопление различных вредных веществ в осадках. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 168 с.

#### Литература

1. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 155 с.
2. Василенко В.Н., Назаров Н.М. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 256 с.
3. Дьяченко Г.И. Мониторинг окружающей среды. – Новосибирск, 2003. – 146 с.
4. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Экологические действия автомобильных двигателей

#### Literatura

1. Burdin K.S. Osnovy biologicheskogo monitoringa. – M.: Izd-vo MGU, 1985. – 155 s.
2. Vasilenko V.N., Nazarov N.M. Monitoring zagrjaznenija snezhnogo pokrova. – L.: Gidrometeoizdat, 1985. – 256 s.
3. D'jachenko G.I. Monitoring okruzhajushhej sredy. – Novosibirsk, 2003. – 146 s.
4. Lukanin V.N., Trofimenko Ju.V. Jekologicheskie dejstvija avtomobil'nyh

- dvigatelej na okruzhajushhuju sredu // Itogi nauki i tehniki. – M., 1993. – 238 s.
5. *Terehova V.A.* Biotestirovanie pochv: podhody i problemy // Pochvovedenie. – 2011. – № 2. – S. 190–198.
6. *Fedorova A.I., Nikol'skaja A.N.* Avtotransport – osnovnoj zagraznitel' biosfery bol'shih gorodov: praktikum po jekologii i ohrane okruzhajushhej sredy. – M.: VLADOS, 2001. – 288 s.
7. *Uskov A.V.* Nakoplenie razlichnyh vrednyh veshhestv v osadkah. – L.: Gidrometeoizdat, 1982. – 168 s.



УДК 504.453

*А.Ж. Ташекова, С.Н. Лукашенко,  
М.Т. Койгельдинова, Н.Ж. Мухамедияров*

### ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОДЫ р. ШАГАН

*A.Zh. Tashekova, S.N. Lukashenko,  
M.T. Koygeldinova, N. Zh. Mukhamediyarov*

### CHARACTERISTIC OF ELEMENT STRUCTURE OF WATER r. SHAGAN

**Ташекова А.Ж.** – канд. биол. наук, инженер лаб. элементного анализа Института радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра Республики Казахстан, г. Курчатов. E-mail: Esenzholova@nnc.kz

**Лукашенко С.Н.** – канд. биол. наук, зам. генерального директора по радиоэкологии Национального ядерного центра Республики Казахстан, г. Курчатов. E-mail: lukashenko@nnc.kz

**Койгельдинова М.Т.** – канд. биол. наук, руководитель лаб. элементного анализа Института радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра Республики Казахстан, г. Курчатов. E-mail: koigeldinova@nnc.kz

**Мухамедияров Н.Ж.** – инженер лаб. элементного анализа Института радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра Республики Казахстан, г. Курчатов. E-mail: mukhamediyarov@nnc.kz

**Tashekova A.Zh.** – Cand. Biol. Sci., Engineer, Lab. of Element Analysis, Institute of Radiation Safety and Ecology, National Nuclear Center, the Republic of Kazakhstan, Kurchatov. E-mail: Esenzholova@nnc.kz

**Lukashenko S.N.** – Cand. Biol. Sci., the Deputy Chief in Radio Ecology, National Nuclear Center, the Republic of Kazakhstan, Kurchatov. E-mail: lukashenko@nnc.kz

**Koygeldinova M.T.** – Cand. Biol. Sci., Head, Lab. of Element Analysis, Institute of Radiation Safety and Ecology, National Nuclear Center, the Republic of Kazakhstan, Kurchatov. E-mail: koigeldinova@nnc.kz

**Mukhamediyarov N. Zh.** – Engineer, Lab. of Element Analysis, Institute of Radiation Safety and Ecology, National Nuclear Center, the Republic of Kazakhstan, Kurchatov. E-mail: mukhamediyarov@nnc.kz

В статье представлены результаты исследований элементного состава воды р. Шаган на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона. В русле р. Шаган имеется искусственный водоём озера Атомное, который является результатом промышленного ядерного взрыва. Основное внимание на полигоне обращали на радионук-

лидное загрязнение как источник опасности для местного населения. На данный момент в пойме р. Шаган ведется несанкционированная хозяйственная деятельность – выпас скота. Имеющейся информации недостаточно, и для оценки качества воды необходимо изучение наряду с радионуклидным также элементного состава. Концентрации изученных элементов