

УДК 613.32

***ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ПРИ  
ЗАГРЯЗНЕНИИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ХЛОРОРГАНИЧЕСКИМИ  
ПЕСТИЦИДАМИ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ***

***Мусабилов Д.Э.***

*младший научный сотрудник*

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»*

*Уфа, Россия*

***Усманова Э. Н.***

*младший научный сотрудник*

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»*

*Уфа, Россия*

***Аллаярова Г.Р.***

*к.б.н., старший научный сотрудник*

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»*

*Уфа, Россия*

***Зеленковская Е.Е.***

*младший научный сотрудник*

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»*

*Уфа, Россия*

**Аннотация.** На основе данных о содержании хлорорганических пестицидов (ХОП) в снежном покрове сельскохозяйственных территорий проведена оценка индивидуального канцерогенного риска для здоровья населения. Согласно консервативному сценарию (миграция ХОП в грунтовые воды, используемые для

питьевого водоснабжения), с использованием методологии Руководства Р 2.1.10.3968-23 рассчитаны величины средней суточной дозы (LADD) и индивидуального канцерогенного риска (CR). Установлено, что значения CR не превышают  $1 \cdot 10^{-4}$  и соответствуют приемлемому уровню риска. Выявленные уровни риска обосновывают необходимость систематического мониторинга ХОП в объектах окружающей среды.

**Ключевые слова:** хлорорганические пестициды, канцерогены, оценка риска, гигиеническая оценка.

***HYGIENIC ASSESSMENT OF CARCINOGENIC RISK FROM SNOW  
CONTAMINATION WITH ORGANOCHLORINE PESTICIDES IN  
AGRICULTURAL TERRITORIES***

***Musabirov D.E.***

*junior researcher*

*Federal Budgetary Scientific Institution "Ufa Research Institute of Occupational  
Medicine and Human Ecology"*

*Ufa, Russia*

***Usmanova E.N.***

*junior researcher*

*Federal Budgetary Scientific Institution "Ufa Research Institute of Occupational  
Medicine and Human Ecology"*

*Ufa, Russia*

***Allayarova G.R.***

*Ph.D, senior researcher*

*Federal Budgetary Scientific Institution "Ufa Research Institute of Occupational  
Medicine and Human Ecology"*

***Zelenkovskaya E.E.***

*junior researcher*

*Federal Budgetary Scientific Institution "Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology"*  
*Ufa, Russia*

**Abstract:** Based on data on the concentrations of organochlorine pesticides (OCPs) in the snow cover of agricultural areas, an assessment of the individual carcinogenic risk to public health was conducted. According to a conservative scenario (OCP migration into groundwater used for drinking water supply), the average daily dose (LADD) and individual carcinogenic risk (CR) were calculated using the methodology of Guideline R 2.1.10.3968-23. CR values were found to be less than  $1 \cdot 10^{-4}$  and correspond to an acceptable risk level. The identified risk levels justify the need for systematic monitoring of OCPs in environmental objects.

**Key words:** organochlorine pesticides, carcinogens, risk assessment, hygienic assessment.

**Актуальность.** Хлорорганические пестициды (ХОП) представляют собой один из наиболее опасных классов стойких органических загрязнителей (СОЗ). Их ключевая опасность обусловлена тремя фундаментальными свойствами: высокой персистентностью в окружающей среде, способностью к биоаккумуляции в пищевых цепях, а также доказанным токсическим и канцерогенным действиям на живые организмы [1]. Глобальная озабоченность, связанная с ХОП, привела к принятию Стокгольмской конвенции [2] в 2001 г, которая запретила или ограничила производство и применение многих из них. Несмотря на это, данные вещества продолжают обнаруживать в объектах окружающей среды по всему миру, включая Арктику и Антарктику, что подтверждает их способность к дальнему атмосферному переносу [3].

Особую тревогу вызывает их присутствие в районах с интенсивным сельскохозяйственным производством. Здесь основными источниками загрязнения служат как исторические применения, когда пестициды

Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМН ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

накапливались в почве, так и за счет дальнего атмосферного переноса из стран, в законодательстве которых отсутствует полный запрет на эти вещества. Современные исследования фиксируют долговременные тенденции снижения концентраций одних изомеров, например, альфа-ГХЦГ, в то время как содержание других, таких как бетта- и гамма-ГХЦГ, может не иметь четкой динамики, что говорит от сложности и разнообразии источников и путей поступления [4]. Доказано, что атмосферный перенос играет доминирующую роль в судьбе ХОП, что еще раз подчеркивает важность мониторинга не только почвы и воды, но и воздуха и атмосферных осадков [5].

В этой связи снежный покров является идеальным природным индикатором загрязнения, который, благодаря своей структуре, эффективно сорбирует из воздуха органические токсиканты, включая ХОП. Данные, полученные при анализе талых снегов, дают ценную информацию о сезонной и долговременной динамике загрязнения. Хотя для оценки рисков хронического воздействия ХОП на здоровье человека чаще всего используются данные об их содержании в продуктах питания и питьевой воде, прямое или косвенное воздействие через атмосферный перенос не следует недооценивать. Поступление пестицидов с осадками в агроэкосистемы может приводить к их накоплению в почве, а оттуда – в сельскохозяйственных культурах. В Российской Федерации существуют установленные гигиенические нормативы (ПДК) для ХОП в различных объектах окружающей среды, включая почву. Однако, отдельных ПДК хлорорганических пестицидов для снежного покрова или талой снеговой воды не существует. При оценке загрязнения талой снеговой воды и снежного покрова специалисты ориентируются на гигиенические нормативы для воды водных объектов хозяйственно-питьевого или культурно-бытового водопользования. Кроме того, систематический мониторинг содержания данного класса загрязнителей именно в снежном покрове, особенно на сельскохозяйственных территориях, проводится недостаточно. В работе [6] мы анализировали количественное содержание ХОП в пробах снежного покрова на Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

сельскохозяйственных участках Уфимского и Стерлитамакского районов Республики Башкортостан. В работе определили и сравнили уровни загрязнения ХОП на исследуемых территориях. Цель настоящего исследования заключается в проведении гигиенической оценки выявленных уровней загрязнения хлорорганическими пестицидами.

**Материалы и методы.** Гигиеническую оценку проводили с помощью Руководства Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания». При оценке канцерогенных рисков использовали средние суточные дозы, усредненные с учетом ожидаемой средней продолжительности жизни человека (70 лет) по формуле (1):

$$LADD = [C * CR * ED * EF] / [BW * AT * 365], \quad (1)$$

где  $LADD$  – средняя суточная доза или поступление, мг/день;

$C$  – концентрация вещества-канцерогена в загрязненной среде, мг/л;

$CR$  – поступления воздействующей среды, л/день;

$ED$  – продолжительность воздействия, лет;

$EF$  – частота воздействия, дней;

$BW$  – масса тела человека, кг;

$AT$  – период осреднения экспозиции (для канцерогенов  $AT = 70$  лет);

$365$  – число дней в году.

Расчет индивидуального канцерогенного риска проводили по формуле (2):

$$CR = LADD * SF * g, \quad (2)$$

где  $CR$  – величина индивидуального канцерогенного риска;

$LADD$  – средняя суточная доза или поступление, мг/день;

$SF$  – фактор наклона, мг/день;

$g$  – коэффициент тяжести злокачественных новообразований (рака).

**Результаты и обсуждение.** Поскольку загрязнение имеет вторичный характер и неизвестно, какие именно сельскохозяйственные культуры будут выращиваться на анализируемых территориях, в качестве единственного и Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМН ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

наиболее консервативного сценария для оценки потенциального канцерогенного риска была рассмотрена миграция хлорорганических пестицидов в грунтовые воды, используемые для питьевого водоснабжения. В таблице 1 приведены рассчитанные значения LADD и индивидуального канцерогенного риска для каждого хлорорганического пестицида, обнаруженного на обследуемых сельскохозяйственных территориях.

**Таблица 1.** Расчетные значения LADD и индивидуального канцерогенного риска (CR) при пероральном поступлении хлорорганических пестицидов с питьевой водой (по данным мониторинга снежного покрова)

<b>Точка отбора</b>	<b>Хлорорганический пестицид</b>	<b>Концентрация, мкг/дм<sup>3</sup></b>	<b>LADD, мкг/день</b>	<b>CR</b>
<b>1</b>	<b>ддт</b>	<b>0.12</b>	<b>0.0011</b>	<b>0.0004</b>
	<b>ддд</b>	<b>0.09</b>	<b>0.0008</b>	<b>0.0003</b>
	<b>γ-гхцг</b>	<b>0.06</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0002</b>
	<b>гептахлор</b>	<b>0.03</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.0001</b>
	<b>β-гхцг</b>	<b>0.03</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.0001</b>
<b>2</b>	<b>ддд</b>	<b>0.10</b>	<b>0.0009</b>	<b>0.0003</b>
	<b>γ-гхцг</b>	<b>0.02</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0001</b>
	<b>гептахлор</b>	<b>0.02</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0001</b>
	<b>β-гхцг</b>	<b>0.02</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0001</b>
<b>3</b>	<b>ддд</b>	<b>0.22</b>	<b>0.002</b>	<b>0.0007</b>
	<b>ддт</b>	<b>0.11</b>	<b>0.001</b>	<b>0.0003</b>
	<b>γ-гхцг</b>	<b>0.05</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.0002</b>
	<b>гептахлор</b>	<b>0.02</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0001</b>
<b>4</b>	<b>ддд</b>	<b>0.03</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0001</b>
	<b>γ-гхцг</b>	<b>0.05</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.0002</b>
	<b>гептахлор</b>	<b>0.03</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.0001</b>
	<b>β-гхцг</b>	<b>0.02</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0001</b>

5	ддд	0.15	0.0014	0.0005
	ддт	0.05	0.0005	0.0002
	γ-гхцг	0.04	0.0004	0.0001
	гептахлор	0.03	0.0003	0.0001
	β-гхцг	0.02	0.0002	0.0001
6	ддд	0.12	0.0011	0.0004
	γ-гхцг	0.09	0.0008	0.0003
	ддт	0.04	0.0004	0.0001
7	ддд	0.11	0.001	0.0003
	ддт	0.06	0.0006	0.0002
	γ-гхцг	0.03	0.0003	0.0001
8	ддд	0.12	0.0011	0.0004
	ддт	0.06	0.0006	0.0002
	γ-гхцг	0.03	0.0003	0.0001
9	ддд	0.02	0.0002	0.0001
	ддт	0.10	0.0009	0.0003
	γ-гхцг	0.03	0.0003	0.0001
10	ддд	0.08	0.0007	0.0002
	γ-гхцг	0.02	0.0002	0.0001
11	ддд	0.05	0.0005	0.0002
	β-гхцг	0.04	0.0004	0.0001
12	ддд	0.09	0.0008	0.0003
	гептахлор	0.06	0.0006	0.0002
	γ-гхцг	0.04	0.0004	0.0001
13	ддд	0.14	0.0013	0.0004
	ддт	0.10	0.0009	0.0003
	γ-гхцг	0.05	0.0005	0.0002

Рассчитанные значения индивидуального канцерогенного риска демонстрируют допустимый (приемлемый) уровень риска согласно классификации уровней риска, принятой в Руководстве Р 2.1.10.3968-23. Установленные величины попадают в диапазон от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $1 \cdot 10^{-4}$ , который в соответствии с документом характеризует предельно допустимый (приемлемый) риск для здоровья населения. Таким образом, полученные уровни риска не требуют незамедлительного принятия управленческих решений, но обосновывают необходимость регулярного мониторинга.

**Заключение.** На основании полученных экспериментальных данных по загрязнению ХОП снежного покрова на сельскохозяйственных территориях была проведена оценка риска здоровья человека. С использованием наиболее консервативного сценария (миграция ХОП из талых вод в грунтовые воды, используемые для питьевого водоснабжения) рассчитаны величины средней суточной дозы (LADD) и индивидуального канцерогенного риска. Полученные значения характеризуют предельно допустимый (приемлемый) уровень риска для здоровья населения.

### Библиографический список

1. Быстрицкая Е. А. Биоаккумуляция и биомагнификация стойких хлорорганических пестицидов в пищевых цепях арктической зоны и их биохимические превращения при переработке сырья из промысловых видов животных // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности. 2019. С. 424-427.
2. Трегер Ю. А. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. Пути ее реализации в Российской Федерации // Химическая физика. 2012. Т. 31. №. 10. С. 33-33.

3. Демешкин А. С. Оценка загрязнения природной среды архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики. 2020. С. 324-326.

4. Лунёв М. И., Трунова Г. С., Шафаревич С. А., Баранов А. П. Стойкие органические пестициды и проблемы загрязнения почв // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель. Екатеринбург, 2012. 2012.

5. Робертус Ю. В., Пузанов А. В., Куликова-Хлебникова Е. Н. Оценка содержания хлорорганических пестицидов в объектах окружающей среды на территории Республики Алтай // Агрохимия. 2017. №. 3. С. 38-47.

6. Мусабиров Д. Э., Зеленковская Е. Е., Аллаярова Г. Р., Усманова Э. Н., Адиева Г. Ф., Гуськов В. Ю. Газохроматографическое определение хлорорганических пестицидов в снежном покрове на сельскохозяйственных территориях // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2025. Т. 91. №. 5. С. 16-23.