

Читать
онлайн
Read
online

Водянова М.А., Ушакова О.В., Русаков Н.В., Евсеева И.С., Трегубова Л.Ю.

Перспективы гигиенического нормирования почв

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия

Введение. Основной регламентирующий документ для обоснования гигиенических нормативов химических веществ, загрязняющих почву, с момента его утверждения (1982 г.) до настоящего времени не пересматривался. В соответствии с положениями государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу¹ целесообразно разработать новые подходы к оценке опасности химических веществ, загрязняющих почву, с учётом международных стандартов и оценки риска для здоровья населения.

Целью работы является разработка методических подходов и рекомендаций по обоснованию гигиенических нормативов химических веществ в почве с учётом современных требований законодательства в области технического регулирования и международных стандартов.

Материалы и методы. В работе использованы информационно-аналитические методы, база данных ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» (ФИПС), а также данные научных публикаций и собственные исследования.

Результаты. Установлено, что программное обеспечение для оценки воздействия химических веществ через почву отсутствует, за исключением оценки в условиях чрезвычайных ситуаций. В связи с этим нами предложен макет программного обеспечения, позволяющего в автоматическом режиме на основании исследований производить оценку риска воздействия химических веществ через почву, а также осуществлять математическое моделирование и выстраивать в рамках гигиенического нормирования прогнозируемую модель воздействия химических веществ на почву и здоровье населения.

Ограничения исследования. Исследование ограничено изучением патентов на программные комплексы для оценки воздействия деятельности предприятий в системе ФГБУ «ФИПС», размещённые в открытых источниках и направленные на решение задач, связанных с обеспечением безопасности граждан, расчёта риска с учётом актуальных сведений о фактическом состоянии объектов окружающей среды. Полученные в работе данные представляют несомненный интерес, в том числе при отработке макета программного обеспечения.

Заключение. Предложена методология комплексной оценки рисков воздействия химических веществ на здоровье человека через почвенный фактор, которая будет включена в проект методических рекомендаций по обоснованию гигиенических нормативов химических веществ в почве с использованием программного обеспечения для автоматического расчёта оценочных показателей при обосновании ПДК химических веществ в почве населённых мест в зависимости от различных факторов, в том числе типов землепользования.

Ключевые слова: почва; нормирование; гигиена; экология; оценка риска

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике.

Для цитирования: Водянова М.А., Ушакова О.В., Русаков Н.В., Евсеева И.С., Трегубова Л.Ю. Перспективы гигиенического нормирования почв. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1174–1180. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1174-1180> <https://elibrary.ru/jbvtdh>

Для корреспонденции: Водянова Мария Александровна, канд. биол. наук, учёный секретарь ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: MVodyanova@cspmrz.ru

Участие авторов: Водянова М.А. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, статистическая обработка, написание текста; Ушакова О.В., Евсеева И.С. — сбор материала и обработка данных, написание текста; Русаков Н.В. — редактирование; Трегубова Л.Ю. — сбор материала и обработка данных, статистическая обработка. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование проведено в рамках государственного задания на 2020–2022 гг. «Оценка риска воздействия противогололёдных материалов на здоровье человека и объекты окружающей среды при их применении на урбанизированных территориях» в ФГБУ «ЦСП» ФМБА России.

Поступила: 13.09.2022 / Принята к печати: 3.10.2022 / Опубликована: 23.10.2022

¹ Указ Президента Российской Федерации от 11 марта 2019 г. № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу».

Maria A. Vodianova, Olga V. Ushakova, Nikolay V. Rusakov, Irina S. Evseeva,
Ludmila Yu. Tregubova

Prospects for hygienic regulation of soils

Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation

Introduction. So far, the main regulatory document on the justification of hygiene standards for chemical pollution of the soil has not been revised. In accordance with the provisions of the state policy of the Russian Federation in the field of ensuring chemical and biological safety for the period up to 2025 and beyond¹, it is advisable to develop new approaches to assess the hazard of chemicals that pollute the soil, taking into account international standards and risk assessment for public health.

The purpose of the study is to develop methodological approaches and recommendations in substantiating the hygienic standards of chemical pollution of the soil, taking into account modern legal requirements in the field of technical regulation and international standards.

Materials and methods. Information and analytical methods for database FIPS (Federal Institute of Industrial Property), as well as data from scientific publications and our own research analytical data were used in the study.

Results. According to our study, it was revealed that there is no software for assessment of the environment impact of chemicals on the soil, with the exception of assessment in emergency situations. In this regard, based on research, we have proposed a software layout to automatically assess the risk of exposure to chemicals through the soil, and to carry out mathematical modelling and build a predictive model for the impact of chemicals on soil and public health as part of their hygiene regulation.

¹ Decree of the President of the Russian Federation No. 97 dated March 11, 2019 "On the Fundamentals of the State Policy of the Russian Federation in the field of chemical and biological safety for the period up to 2025 and beyond".

Limitations. The study was limited to the study of patents for software systems for computers that are designed to assess the impact of the activities of enterprises in the FGBU “FIPS” system, placed in open sources and aimed at solving problems related to ensuring the safety of citizens, calculating risk, taking into account relevant information on the actual state environmental objects. The data obtained in the work are of undoubted interest, including when working out the software layout.

Conclusion. A methodology for a comprehensive risk assessment of the impact of chemicals on human health through the soil factor is proposed, which will be included in the draft guidelines for substantiating the hygienic standards of chemicals in the soil, taking into account the use of software for the automatic calculation of estimated indicators to substantiate the maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil of populated areas in depending on various factors, including types of land use.

Keywords: the soil; rationing; hygiene; ecology; risk assessment

Compliance with ethical standards: the study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion.

For citation: Vodianova M.A., Ushakova O.V., Rusakov N.V., Evseeva I.S., Tregubova L.Yu. Prospects for hygienic regulation of soils. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1174–1180. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1174-1180> <https://elibrary.ru/jbvtth> (In Russian)

For correspondence: Maria A. Vodianova, MD, PhD, Scientific Secretary. Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation. E-mail: MVodyanova@cspzmz.ru

Information about the authors:

Vodyanova M.A., <https://orcid.org/0000-0003-3350-5753>

Ushakova O.V., <https://orcid.org/0000-0003-2275-9010>

Rusakov N.V., <https://orcid.org/0000-0002-3754-009X>

Evseeva I.S., <https://orcid.org/0000-0001-5765-0192>

Tregubova L.Yu., <https://orcid.org/0000-0003-2762-1192>

Contribution: Vodianova M.A. – the concept and design of the study, the collection of material and data processing, statistical processing, writing the text; Ushakova O.V., Evseeva I.S. – collection of material and data processing, writing the text; Rusakov N.V. – editing; Tregubova L.Yu. – collection of material and data processing, statistical processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The research was carried out on the basis of the financial provision of the state assignment for the provision of public services. The study was conducted as part of the State task for 2020–2022 on the topic: “Assessment of the risk of the impact of anti-icing materials on human health and environmental objects when they are used in urban areas” in the Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia.

Received: September 9, 2022 / Accepted: August 04, 2022 / Published: October 23, 2022

Введение

Одной из основных мер предотвращения вредного воздействия химических веществ на здоровье граждан является контроль за факторами, загрязняющими среду, выявление источников загрязнения и обоснование возможных путей устранения их влияния на здоровье человека. Функциональное зонирование является одним из основных методов исключения вредного воздействия опасных поллютантов на здоровье населения [1–3]. Согласно п. 119 СанПиН 2.1.3684-21², использование почв должно осуществляться в зависимости от степени их химического, бактериологического, паразитологического и энтомологического загрязнения.

Совершенствование подходов к нормированию химических веществ в почвах в зависимости от функционального зонирования территорий позволяет гибко подходить к выбору показателей для нормирования, оценке качества почв и влияния их на здоровье населения. Принимая во внимание различные пути воздействия поллютантов на сопряжённые среды и организм человека, целесообразно разработать принципы отбора показателей для различных функциональных зон с применением модели оценки риска влияния загрязнённых почв на организм человека с учётом возрастных различий и путей возможного воздействия.

Основным регламентирующим документом для обоснования гигиенических нормативов химических веществ, загрязняющих почву, являются «Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве» (утв. Минздравом СССР 05.08.1982 г. № 2609–82) (вместе с «Временными методическими указаниями по применению расчётного метода обоснования ориентировочных

допустимых концентраций (ОДК) пестицидов в почве», утв. Минздравом СССР 14.01.1981 г. № 2283–81). До настоящего времени эти методические рекомендации не пересматривались. В соответствии с положениями Указа Президента Российской Федерации от 11.03.2019 г. № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» целесообразно разработать новые подходы к оценке опасности химических веществ, загрязняющих почву, с учётом международных стандартов и оценки риска для здоровья населения.

Решение о пересмотре ключевых российских документов по гигиеническому нормированию химических веществ в почве может быть принято на основе комплекса аналитических и экспериментальных мероприятий. Анализ существующих подходов к нормированию химических веществ в почве на основе функционального зонирования территорий подразумевает систематическое изучение российского и мирового опыта по учёту типов землепользования для контроля качества почв.

По мнению российских авторов, отечественная система нормирования качества почв может быть усовершенствована за счёт применения местоспецифичного мониторинга; разработки нормативов для конкретных функциональных зон, например, в городских и сельских поселениях; разработки нормативов для земель сельскохозяйственного назначения с ограниченным набором выращиваемых культур или используемых для выпаса определённых сельскохозяйственных животных; обоснования нормативов для территорий с повышенным литолого-геохимическим фоном; актуализации существующих нормативов при сопоставлении изначально используемых и современных методов анализа элементного состава почв [4, 5].

При оценке влияния загрязняющих почву веществ на здоровье населения одним из самых прогрессивных подходов является оценка риска [6, 7]. Данный подход актуален и для европейских стран. В его основе лежат общие стандарты качества, используемые для регулирования загрязнения почв, часто аналогичные нашим предельно допустимым концентрациям (ПДК).

² Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (с изменениями и дополнениями от 26 июня, 14 декабря 2021 г., 14 февраля 2022 г.).

При установлении ПДК веществ необходимо выбирать оптимальные направления ведения исследований специфической токсичности соединений, подбирать определённые тесты для оценки потенциала токсичности. В связи с большим количеством синтезированных в последнее время веществ и невозможностью достаточно полно оценить опасность каждого из них рекомендуется использовать методы математического моделирования (методы *in silico*) для прогнозирования токсичности. Вычислительный анализ токсикологических процессов позволяет использовать высокопроизводительный скрининг химических веществ и прогнозировать их конечные точки. В литературе представлен положительный опыт апробирования общедоступной компьютерной программы, основанной на моделировании «структура – активность» (QSAR), для дальнейшего предложения в качестве валидной при проведении высокопроизводительного скрининга химических веществ на территории Российской Федерации [8]. При помощи данной программы можно прогнозировать водную токсичность, токсичность осадка, наземную токсичность, а также острую токсичность для человека, ADME (абсорбцию, распределение, метаболизм и выведение), биоаккумуляцию, канцерогенность, токсичность для развития и тератогенность, генетическую токсичность (*in vitro* и *in vivo*), иммунотоксичность, раздражение глаз, раздражение кожи, нейротоксичность, токсичность при многократном поступлении, сенсibilизацию (кожа, дыхательные пути), репродуктивную токсичность. Программное обеспечение ОЭСР QSAR Toolbox может быть использовано при разработке отчёта о химической безопасности для новых химических веществ в рамках процедуры нотификации новых химических веществ, согласно технической регламенту ЕАЭС «О безопасности химической продукции» [8–12].

Опасность загрязнения почв определяется уровнем её возможного отрицательного влияния на контактирующие среды (вода, воздух), пищевые продукты и прямо или опосредованно на человека. Несмотря на очевидную важность изучения биологического загрязнения почв, в мире, в том числе и в России, нет унифицированных методических подходов к установлению нормативов их загрязнения. Кроме того, ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» диктует значимые требования по предоставлению объективных свидетельств того, что данный объект (в данном случае – почва) соответствует установленным требованиям (верификация), а также к беспристрастности испытательной лаборатории и другим параметрам, подтверждающим объективность проводимых исследований. В связи с чем необходимыми в методических подходах к нормированию являются преаналитические разделы по обоснованию типов почв, способов пробоподготовки, выбору тест-культур и методы определения химических и биологических показателей с учётом погрешности.

Таким образом, важным этапом пересмотра документов по гигиеническому нормированию химических веществ в почве являются анализ существующих методик нормирования химических и биологических загрязнений почвы и валидация методических подходов и рекомендаций для обоснования гигиенических нормативов химических веществ.

Один из разделов данного исследования посвящён обоснованию выбора типов почв для гигиенического нормирования химических веществ. Известно, что почва не только аккумулирует техногенные поллютанты, но и является источником вторичного загрязнения, выступая в роли переносчика химических и биологических агентов в атмосферный воздух, водные объекты и растительность, которые в свою очередь характеризуются относительно одинаковым уровнем допустимого загрязнения в разных природных зонах. Уровни допустимого загрязнения для почв этих зон могут отличаться по тем же показателям до

десяти и более раз [13, 14]. Авторы отмечают [15], что для целей гигиенического нормирования предлагается использовать контрастные варианты типов почв исходя из характеристики классов устойчивости функционирования почв по занимаемой площади. Функционально-экологический подход не предполагает выбора определённой характеристики почвы, а учитывает совокупную оценку всех свойств почвы по принципу их устойчивости. Кроме того, по всей стране целесообразно создать сеть центров по гигиеническому нормированию и вести базу данных полученных результатов. Это актуально и для развития гигиенического нормирования с целью минимизации угроз, вызванных присутствием ненормированных веществ [16], а также при осуществлении федерального экологического и санитарного надзора, направленного на охрану окружающей среды и здоровья [17].

На практике чаще всего определяется валовое содержание тяжёлых металлов (ТМ) [18], характеризующее общий запас тяжёлых металлов, однако такая оценка даёт неполную характеристику экологического состояния почв и степени загрязнения их данными поллютантами, поэтому является менее информативным показателем, чем содержание подвижных форм тяжёлых металлов.

В связи с этим выбор оптимального химико-аналитического метода анализа проб почвы, их подготовки и способа внесения химического токсиканта в модельном эксперименте приобретает немаловажную роль.

Исследования по оценке загрязнения почв городских территорий показали, что часто именно селитебная зона по суммарному показателю загрязнения, отражающему общий вклад ТМ в загрязнение почв, относится к категории опасного загрязнения почв по данному показателю, при этом почвы других зон города испытывают умеренно опасную степень загрязнения. Высокий уровень загрязнения почв селитебной зоны ТМ может быть обусловлен как ростом застройки и эксплуатации территории, так и спецификой антропогенного воздействия, которое заключается в интенсивном использовании автотранспорта, особенно в последние годы [19].

Такой уровень загрязнения приводит к увеличению общей заболеваемости населения, росту числа хронических заболеваний и к нарушениям в сердечно-сосудистой системе у людей, проживающих на данной территории. Относительная незагрязнённость почв промышленной зоны некоторых крупных городов, несмотря на большую техногенную нагрузку, может объясняться как коротким сроком использования этих земель, так и особенностями гранулометрического состава почв [19].

Цель исследования – разработка методических подходов и рекомендаций для обоснования гигиенических нормативов химических веществ в почве с учётом современных требований законодательства в области технического регулирования и международных стандартов.

Материалы и методы

В работе использованы информационно-аналитические методы анализа баз данных Elibrary, Scopus, Web of Science, PubMed, ФГБУ «ФИПС», а также данные из научных публикаций и собственные исследования. Кроме того, проведено исследование уровня науки и техники в области разработки программного обеспечения по автоматическому расчёту оценочных показателей для обоснования ПДК химических веществ в почве населённых мест в зависимости от различных факторов, в том числе от типов землепользования, а также интегральной оценки риска загрязнения почв с использованием математического моделирования. Произведён патентный поиск для анализа программного обеспечения продуктов, позволяющих осуществлять расчёт оценки рисков воздействия химических веществ на здоровье человека и объекты окружающей среды (атмосферный воздух, вода, отходы производства и потребления).

Программы для ЭВМ по автоматическому расчёту воздействия химических веществ в системе оценки рисков для здоровья
Computer programs for automatic calculation of exposure to chemicals in the health risk assessment system

Объект исследования Object of the study	Вид и номер охранного документа Type and number of the protection document	Название изобретения (полезной модели) Name of the invention (useful model)	Дата регистрации Date of registration
Программа для ЭВМ Software	RU2020611569	Программный комплекс «Web-Призма» / Software complex "Web-Prism" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2020611569&TypeFile.html	04.02.2020
Программа для ЭВМ Software	RU2017661968	УПРЗА «ЭКО центр» / UPRZA "ECO Center" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2017661968&TypeFile.html	25.10.2017
Программа для ЭВМ Software	RU2016660212	«Автоматизация Эколога» / "Automation Ecologist" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2016660212&TypeFile.html	08.09.2016
Программа для ЭВМ Software	RU2020612125	Программный комплекс «Эколог» для расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе "Software package "Ecolog" for calculating the dispersion of emissions of harmful (polluting) substances in the air" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2020612125&TypeFile.html	18.02.2020
Программа для ЭВМ Software	RU2013612836	Информационное обеспечение эколога по классификации токсинов и тяжёлых металлов Information support for the ecologist on the classification of toxins and heavy metals https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2013612836&TypeFile.html	4.03.2013
Программа для ЭВМ Software	RU2019612225	Универсальное автоматизированное рабочее место Эколога «ГОРИЗОНТ» / Universal workstation Ecologist "HORIZONT" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019612225&TypeFile.html	13.02.2019
Программа для ЭВМ Software	RU2017663251	Программный комплекс «Геоинформационная система экологического обеспечения» (ПК «Эколог-Г») Software complex "Geoinformation system for environmental support" (PK "Ecolog-G") https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2017663251&TypeFile.html	15.05.2015
Программа для ЭВМ Software	RU2015615379	Программный комплекс по оценке загрязнения воздушного бассейна «Эколог» Software package for assessing air pollution "Ecolog" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2015615379&TypeFile.html	11.12.2015
Программа для ЭВМ Software	RU2015663176	Программный комплекс по безопасному обращению с отходами «Эколог» / Software package for safe waste management "Ecolog" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2015663176&TypeFile.html	11.12.2015
Программа для ЭВМ Software	RU2015663177	Программный комплекс по оценке загрязнения водных объектов «Эколог» Software package for assessing pollution of water bodies "Ecolog" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2015663177&TypeFile.html	11.12.2015
Программа для ЭВМ Software	RU2017663118	Программный комплекс обработки и анализа первичных данных (ПК «Эколог-А») Software complex for processing and analysis of primary data (PK "Ecolog-A") https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2017663118&TypeFile.html	23.11.2017
Программа для ЭВМ Software	RU 2017663046	Программный комплекс ведения классификаторов и метаданных (ПК «Эколог-М») Software complex for maintaining classifiers and metadata (PK "Ecolog-M") https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2017663046&TypeFile.html	

Продолжение Таблицы на стр. 1178.

Окончание Таблицы. Начало на стр. 1177.

Объект исследования Object of the study	Вид и номер охранного документа Type and number of the protection document	Название изобретения (полезной модели) Name of the invention (useful model)	Дата регистрации Date of registration
Программа для ЭВМ Software	RU2017663047	Программный комплекс расчёта и прогнозирования воздействия на воду, воздух, почву и грунт (ПК «Эколог-С») Software package for calculating and predicting the impact on water, air, soil (PC "Ecolog-S") https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2017663047&TypeFile=html	23.11.2017
Программа для ЭВМ Software	RU2017663119	Программный комплекс расчёта параметров воздействия на компоненты окружающей среды в аварийных ситуациях (ПК «Эколог-Б») Software package for calculating the parameters of impact on environmental components in emergency situations (PC "Ekolog-B") https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2017663119&TypeFile=html	24.11.2017
Программа для ЭВМ Software	RU2017663250	Программный комплекс оценки экологической обстановки (ПК «Эколог-О») Software complex for assessing the environmental situation (PC "Ecolog-O") https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2017663250&TypeFile=html	28.11.2017
Программа для ЭВМ Software	RU2018664901	Программа по оценке риска для здоровья населения от воздействия атмосферного воздуха AeroRisk 2.0 Program for assessing the risk to public health from exposure to atmospheric air "AeroRisk 2.0" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2018664901&TypeFile=html	26.11.2018
Программа для ЭВМ Software	RU2016612688	Анализ неопределённости при оценке риска воздействия химических соединений на здоровье человека Uncertainty analysis in assessing the risk of exposure to chemical compounds on human health https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2016612688&TypeFile=html	03.03.2016
Программа для ЭВМ Software	RU2019614934	«Экспресс-оценка риска здоровью населения по химическому фактору» / "Express-risk assessment of public health by chemical factor" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019614934&TypeFile=html	04.16.2019
Программа для ЭВМ Software	RU2019660175	Программа для ЭВМ GUPlantRescue (версия 1.0) «Оценка риска превышения нормативов содержания ¹³⁷ Cs в продукции растениеводства на радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных землях» "Assessment of the risk of exceeding the standards for the content of ¹³⁷ Cs in crop products on radioactively contaminated agricultural lands" https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019660175&TypeFile=html GUPlantRescue computer program (version 1.0)	01.08.2019
Программа для ЭВМ Software	RU2020666855	Информационная система оценки и прогнозирования риска для здоровья населения в зоне влияния атмосферных выбросов многоотопливных теплоэлектростанций Information system for assessing and predicting the risk to public health in the zone of influence of atmospheric emissions from multi-fuel combined heat and power plants https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2020666855&TypeFile=html	12.16.2020
Программа для ЭВМ Software	RU2021610106	Конвертация результатов химического состава природных сред в унифицированный формат базы данных для оценки риска для здоровья Converting the results of the chemical composition of natural environments into a unified database format for health risk assessment https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2021610106&TypeFile=html	01.12.2021
Программа для ЭВМ Software	RU2013661052	Программный модуль прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий и в результате аварий с выбросами опасных химических веществ Software module for forecasting atmospheric air pollution by sources of emissions from industrial enterprises and as a result of accidents with emissions of hazardous chemicals https://new.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2013661052&TypeFile=html	27.11.2013

Результаты

Система оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, подробно представлена в Руководстве Р 2.1.10.1920–04³. Целью данного методического документа является унификация требований, принципов, методов и критериев оценки риска для здоровья, связанного с воздействием химических веществ, загрязняющих окружающую среду, с учётом опыта отечественных, зарубежных и международных организаций (Программа ООН по защите окружающей среды, Организация по экономическому сотрудничеству и развитию, Всемирная организация здравоохранения, Международная организация труда, Международная программа по химической безопасности, Комиссия Евросоюза).

Однако в данном методическом руководстве не рассматриваются методические требования к установлению гигиенических нормативов и безопасных уровней воздействия химических веществ в различных объектах окружающей среды и экологический риск как вероятность развития у растений или животных (кроме человека) неблагоприятных эффектов, обусловленных воздействием факторов окружающей среды.

Система расчёта рисков, в том числе экологических, при воздействии химических веществ на здоровье через почвенный фактор насчитывает более 30 формул с применением различных переменных, указанных в информационно-справочных документах, а также в нормативно-правовых актах.

Для оперативного решения задач, связанных с обеспечением безопасности граждан, расчёт риска должен проводиться максимально быстро на основе актуальных сведений о фактическом состоянии объектов окружающей среды, а также с учётом выработки прогнозных моделей по распространению химических веществ. В отношении атмосферного воздуха и водных объектов данный механизм отработан в полной мере, но в отношении почв не имеет широкого распространения.

В процессе целевого поиска было найдено более 20 патентов на программные комплексы, предназначенные для оценки воздействия деятельности предприятия на атмосферный воздух, водные объекты и для учёта отходов производства, потребления и объектов их размещения (см. таблицу).

Патенты, которые касаются оценки опасности и уровня загрязнения почвы вне аварийных ситуаций, не найдены.

Наличие релевантных патентных документов говорит о том, что тема является в целом перспективной именно в части, касающейся оценки рисков воздействия химических веществ на здоровье человека через почву, а также математического моделирования при расчёте экологических рисков. Этот факт обуславливает актуальность разработок в исследуемой области на территории Российской Федерации, а также возмещает нехватку отечественных технологий.

По результатам работы выявлено, что программное обеспечение оценки воздействия химических веществ через почву отсутствует, за исключением оценки в условиях чрезвычайных ситуаций. В связи с этим нами предлагается макет программного обеспечения, позволяющего в автоматическом режиме на основании исследований производить оценку риска воздействия химических веществ через почву, а также осуществлять математическое моделирование и встраивать прогнозируемую модель воздействия на почву и здоровье населения химических веществ в рамках их гигиенического нормирования.

Программное обеспечение состоит из трёх модулей: оценка риска для здоровья населения, экологическая оценка и дополнительные критерии (необходимые для использования при заданных условиях).

³ Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920–04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

Обсуждение

Регламентирующий документ для обоснования гигиенических нормативов химических веществ, загрязняющих почву, был утверждён в 1982 г. и до настоящего времени не пересматривался⁴. Согласно документам стратегического планирования Российской Федерации (указы Президента Российской Федерации от 11.03.2019 г. № 97 и от 01.12.2016 г. № 642), подходы к нормированию химических веществ в почве нуждаются в модернизации.

Принимая во внимание различные пути воздействия поллютантов на сопряжённые среды и организм человека, авторами разработан принцип отбора показателей для различных функциональных зон с применением модели оценки риска влияния загрязнённых почв на организм человека с учётом возрастных различий и путей возможного воздействия.

Например, для жилой зоны оценка почв может быть проведена по трём направлениям: почва и почвенная пыль; употребление продуктов, выращенных на собственных приусадебных хозяйствах; кожная абсорбция из почвы и пыли.

При установлении нормативных величин поллютантов необходимо дифференцировать не только свойства почвы, но и типы её функционального применения, что позволит гибко подходить к оценке качества почв, влияния загрязнений на здоровье населения и выбору показателей для нормирования. Следует сказать, что для почв различных функциональных зон актуально использовать разные оценочные показатели при обосновании ПДК химических веществ. Например, для сельскохозяйственной зоны обязательно применение всех показателей вредности (транслокационного, водного и воздушного миграционного, интегрального показателя оценки риска, а также общесанитарного). Для селитебной, промышленной и рекреационной зон применение транслокационного показателя необязательно. Оценку риска необходимо проводить для всех функциональных зон.

Российские исследования по установлению нормативных величин для оценки качества почвы могут быть интерпретированы в контексте международных подходов к оценке территорий. Это позволит использовать результаты зарубежных исследований, проведённых в стандартизованных условиях, для утверждения соответствующих российских нормативов для химических веществ в почве с исключением проведения повторных дорогостоящих экспериментальных исследований.

Заключение

В результате проведённых информационно-аналитических исследований выявлено, что в настоящее время для оценки опасности и уровней загрязнения почв вне аварийных ситуаций не существует запатентованных программ. В связи с этим предложены подходы к созданию программного обеспечения, включающего в себя оценку риска для здоровья населения и экологическую оценку. Проект методических рекомендаций по обоснованию гигиенических нормативов содержания химических веществ в почве, который предполагается представить по итогам работы в рамках Государственного задания на 2020–2022 гг. по подэтапу «Совершенствование системы гигиенического нормирования и контроля биологических загрязнений почвы для снижения рисков здоровью населения», будет усовершенствован по ряду показателей с учётом современных требований законодательства в области технического регулирования и международных стандартов и дополнен способом интегральной оценки с использованием математического моделирования риска загрязнения почв. Работа по данному направлению продолжается.

⁴ Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве. Утверждены Минздравом СССР 05.08.1982 г., № 2609–82.

Литература

(п.п. 2, 7, 9, 11–14 см. References)

- Крытов И.А., Тонкопий Н.И., Водянова М.А., Ушакова О.В., Доне-
рьян Л.Г., Евсеева И.С. и др. Гармонизация гигиенических норма-
тивов для приоритетных загрязнений почвы с международными
рекомендациями. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(7): 42–8.
- Попова Л.Ф., Наквасина Е.Н. Биогеохимическое обоснование нор-
мирования тяжелых металлов в почвах Архангельска. *Экология и про-
мышленность России*. 2014; (7): 39–43.
- Семенков И.Н., Королева Т.В. Международные системы нормирования
содержания химических элементов в почвах: принципы и методы (обзор).
Почвоведение. 2019; 52(10): 1259–68. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19100101>
- Семенков И.Н., Королева Т.В. Нормативы содержания химических
элементов в почвах функциональных зон городов (обзор). *Почвоведение*.
2022; (1): 96–105. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22010105>
- Рисник Д.В., Беляев С.Д., Булгаков Н.Г., Левич А.П., Максимов В.Н.,
Мамихин С.В. и др. Подходы к нормированию качества окружаю-
щей среды. Обзор законодательных и научных основ существующих
систем экологического нормирования. *Успехи современной биологии*.
2012; 132(6): 531–50.
- Гусева Е.А., Николаева Н.И., Филин А.С., Савостикова О.Н. Срав-
нительная оценка математических моделей прогнозирования острой
токсичности химических веществ. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(7):
816–23. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-816-823>
- Координационно-информационный центр государств-участни-
ков СНГ по сближению регуляторных практик. Альтернативный
метод исследования химических веществ – QSAR; 2019. Доступно:
https://www.ciscenter.org/news/alternativnyy_metod_issledovaniya_khimicheskikh_veshchestv_qsar/
- Воронина Л.П., Поногайбо К.Э., Савостикова О.Н. Обоснование
выбора типов почв для гигиенического нормирования химических
веществ (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(3):
270–4. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-270-274>
- Малышева А.Г., Юдин С.М. Трансформация химических веществ
в окружающей среде как неучтенный фактор опасности для
здоровья населения. *Химическая безопасность*. 2019; 3(2): 45–66.
<https://doi.org/10.25514/CHS.2019.2.16005>
- Громова И.П. Охрана окружающей среды и гигиеническое нормиро-
вание химических веществ в почве. *Экологический вестник Северного
Кавказа*. 2022; 18(3): 52–5.
- Бородин Н.А. Техногенное загрязнение тяжёлыми металлами урба-
низированных почв Амурской области. *Вестник Дальневосточного
отделения Российской академии наук*. 2018; (2): 43–9.
- Попова Л.Ф. Оценка загрязнения тяжёлыми металлами типичных
почв Архангельска. *Фундаментальные исследования*. 2014; (8–4):
849–53.

References

- Kryatov I.A., Tonkopiya N.I., Vodyanova M.A., Ushakova O.V., Doner'yan L.G.,
Evseeva I.S., et al. Scientific evidence for hygienic standards harmonized
with international recommendations for priority pollutants of soils. *Gigiena
i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(7): 42–8.
(in Russian)
- Jiang Y., Hou L., Shi T., Ning Y. Spatial zoning strategy of urbanization
based on urban climate co-movement: a case study in shanghai mainland area.
Sustainability. 2018; 10(8): 2706. <https://doi.org/10.3390/su10082706>
- Popova L.F., Nakvasina E.N. Biogeochemical substantiation of regulation of
heavy metals in the soils of Arkhangelsk. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*.
2014; (7): 39–43. (in Russian)
- Semenkov I.N., Koroleva T.V. International environmental legislation on the
content of chemical elements in soils: guidelines and schemes. *Pochvovedenie*.
2019; 52(10): 1259–68. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19100101>
(in Russian)
- Semenkov I.N., Koroleva T.V. Guideline values for the content of chemical
elements in soils of functional zones at cities (review). *Pochvovedenie*. 2022; (1):
96–105. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22010105> (in Russian)
- Risnik D.V., Belyaev S.D., Bulgakov N.G., Levich A.P., Maksimov V.N.,
Mamikhin S.V., et al. Approaches to standardization of environment quality.
legislative and scientific foundations of current ecological normalization
systems. *Uspekhi sovremennoy biologii*. 2012; 132(6): 531–50. (in Russian)
- Huang Q.F., Lu Y.Q. The effect of urban heat island on climate warming in the
Yangtze River Delta urban agglomeration in China. *Int. J. Environ. Res. Public
Health*. 2015; 12(8): 8773–89. <https://doi.org/10.3390/ijerph120808773>
- Guseva E.A., Nikolaeva N.I., Filin A.S., Savostikova O.N. Comparative
evaluation of mathematical models for predicting acute toxicity of chemicals.
Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal). 2022; 101(7):
816–23. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-816-823> (in Russian)
- Dimitrov S.D., Diderich R., Sobanski T., Pavlov T.S., Chankov G.V.,
Chapkanov A.S., et al. QSAR Toolbox – workflow and major
functionalities. *SAR QSAR Environ. Res.* 2016; 27(3): 203–19.
<https://doi.org/10.1080/1062936x.2015.1136680>
- Coordination and Information Center of the CIS Member States for the
Convergence of Regulatory Practices An alternative method for the study of
chemicals – QSAR; 2019. Available at: https://www.ciscenter.org/news/alternativnyy_metod_issledovaniya_khimicheskikh_veshchestv_qsar/ (in Russian)
- OECD QSAR Toolbox. Available at: <https://qsartoolbox.org/resources/databases/>
- Goh G.B., Hodas N.O., Vishnu A. Deep learning for computational chemistry.
J. Comput. Chem. 2016; 38(16): 1291–307. <https://doi.org/10.1002/jcc.24764>
- Emadodin I., Taravat A., Rajaei M. Effects of urban sprawl on local
climate: A. case study, north central Iran. *Urban Clim.* 2016; 17: 230–47.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.08.008>
- Suldina T.I. The content of heavy metals in food products and their effect
on the body. *Balanced diet, nutritional supplements and biostimulants*. 2016;
(1): 136–40.
- Voronina L.P., Ponogaybo K.E., Savostikova O.N. Reason of the choice of
soil types for hygienic regulation of chemicals (literature review). *Gigiena i
Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(3): 270–4.
<https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-270-274> (in Russian)
- Malysheva A.G., Yudin S.M. Transformation of chemicals in the environment
as an overlooked hazard factor for public health. *Khimicheskaya bezopasnost'*.
2019; 3(2): 45–66. <https://doi.org/10.25514/CHS.2019.2.16005> (in Russian)
- Gromova I.P. Environmental protection and hygienic regulation of chemical
substances in soil. *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza*. 2022; 18(3): 52–5.
(in Russian)
- Borodina N.A. Technogenic pollution of urbanized soils of the amur region by
heavy metals. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*.
2018; (2): 43–9. (in Russian)
- Popova L.F. Assessment of heavy metal pollution typical soils Arkhangelsk.
Fundamental'nye issledovaniya. 2014; (8–4): 849–53. (in Russian)