

Читать
онлайн
Read
online

Ушакова О.В., Евсеева И.С., Водянова М.А.

Проблемы разработки методических подходов и рекомендаций по обоснованию гигиенических нормативов химических веществ в почве

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства России, 119991, Москва

Гигиеническое нормирование химических веществ в почве — это важная и неотъемлемая часть контроля её состояния. Статья посвящена разработке новых методических рекомендаций, в которых найдут отражение современные подходы к нормированию химических веществ в почве. При работе над документом был определён круг необходимых вопросов. В методологию нормирования химических веществ в почве рекомендовано включить дополнительные критерии оценки с учётом согласованного физико-химического анализа и определения токсичности веществ. Показано, что для обеспечения химической безопасности целесообразно использовать три вида анализа: обзорный в целях идентификации компонентов, многоцелевой скрининг для подтверждения и полуколичественной оценки объекта анализа и количественную оценку с применением валидированной процедуры. В проекте документа затронуты вопросы нормирования с учётом функционального зонирования территорий. В соответствии с разделами «Методических рекомендаций по гигиеническому обоснованию ПДК* химических веществ в почве»** проведена работа по анализу современных тенденций в затрагиваемых областях. Рассмотрены существующие принципы нормирования содержания химических элементов в почвах, имеющие ряд специфических особенностей. Выполнен анализ нормативно-методических документов, в том числе международных, регламентирующих методы исследования химических веществ в почве, их трансформацию, миграцию, а также методы биотестирования и биоиндикации почв. По результатам работы можно сделать заключение о том, что для городских почв, принадлежащих разным функциональным зонам, необходимо применять разные оценочные показатели обоснования ПДК загрязняющих веществ. Российские исследования по установлению нормативных величин для оценки качества почвы могут быть интерпретированы в контексте международных подходов к оценке территорий.

Ключевые слова: нормирование; загрязнение; химические вещества; почва

Для цитирования: Ушакова О.В., Евсеева И.С., Водянова М.А. Проблемы разработки методических подходов и рекомендаций по обоснованию гигиенических нормативов химических веществ в почве. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(5): 474–478. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-474-478>

Для корреспонденции: Ушакова Ольга Владимировна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отд. гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, г. Москва. E-mail: OUshakova@cspmz.ru

Участие авторов: Ушакова О.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, сбор материала и обработка данных; Евсеева И.С. — написание текста, сбор материала и обработка данных, редактирование; Водянова М.А. — концепция и дизайн исследования, написание текста, сбор материала и обработка данных, редактирование. 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 осуществлялось в рамках Государственного задания на 2020–2022 гг. по теме «Оценка риска воздействия противогололёдных материалов на здоровье человека и объекты окружающей среды при их применении на урбанизированных территориях» в ФГБУ «ЦСП» ФМБА России.

Поступила: 29.03.2022 / Принята к печати: 12.04.2022 / Опубликована: 31.05.2022

* Предельно допустимая концентрация (ПДК) — это такое содержание вредных химических веществ в окружающей среде (воздух, вода, почва, пищевые продукты, кожа работающих), которое практически не влияет на здоровье человека при постоянном контакте или воздействии за определённый промежуток времени и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК существуют для всех вредных химических веществ.

** Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве, утверждённые Минздравом СССР 05.08.1982 г. № 2609-82.

Olga V. Ushakova, Irina S. Evseeva, Mariya A. Vodyanova

Problems of developing methodological approaches and recommendations for substantiating hygienic standards of chemicals in soil

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

Hygienic rationing of chemicals in the soil is an important and integral part of monitoring the condition of the soil. The article is devoted to the problems of creating a draft of new methodological recommendations, which reflects modern approaches to the regulation of chemicals in the soil. In the course of work on improving the document, a range of necessary issues has been identified. It is recommended to include additional evaluation criteria in the methodology of standardization of chemicals in the soil, taking into account the agreed physico-chemical analysis and determination of the toxicity of substances. To ensure chemical safety, it is shown to be advisable to use three types of analysis: review for the identification of components, multi-purpose screening for confirmation and semi-quantitative evaluation of the object of analysis and quantitative evaluation using a validated procedure. The draft document addresses the issues of rationing, taking into account the functional zoning of territories. According to the sections of the “Methodological recommendations on the hygienic justification of the MPC of chemicals in the soil”, analytical work was carried out to update current trends in the areas of the issues raised. The paper considers the current principles of rationing the content of chemical elements in soils, which have many specific features. The analysis of normative and methodological documents, including international ones, regulating methods of research of chemicals in soil, their transformation, migration, methods

of biotesting and bioindication of soils. Based on the results of the work, it can be concluded that for urban soils belonging to different functional zones, it is necessary to apply different estimated indicators for substantiating the MPC of pollutants in the soil. Russian studies on the establishment of normative values for assessing soil quality can be interpreted in the context of international approaches to the assessment of territories.

Keywords: rationing; pollution; chemicals; soil

For citation: Ushakova O.V., Evseeva I.S., Vodianova M.A. Problems of developing methodological approaches and recommendations for substantiating hygienic Standards of Chemicals in Soil. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2022; 101(5): 474–478. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-474-478> (In Russian)

For correspondence: Olga V. Ushakova, MD, PhD, Leading researcher of the Hygiene Department of the Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, 119121, Russian Federation. E-mail: OUshakova@cspnz.ru

Information about the authors:

Ushakova O.V., <https://orcid.org/0000-0003-2275-9010> Evseeva I.S., <https://orcid.org/0000-0001-5765-0192> Vodyanova M.A., <https://orcid.org/0000-0003-3350-5753>

Contribution: Ushakova O.V. – concept and design of research, text writing, material collection and data processing. Evseeva I.S. – text writing, material collection and data processing, editing. Vodianova M.A. – research concept and design, text writing, material collection and data processing, editing. 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.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: March 29, 2022 / Accepted: April 12, 2022 / Published: May 31, 2022

Почва – это важнейший элемент биосферы, значение которого в формировании здоровья населения неоспоримо. В настоящее время в связи с нерациональным оборотом химических веществ происходит глобальное загрязнение окружающей среды [1]. По данным Химической реферативной службы CAS (подразделение Американского химического общества), с начала 1800-х годов по настоящее время зарегистрировано почти 200 млн органических и неорганических веществ, включая сплавы, координационные соединения, минералы, смеси, полимеры и соли. Наряду с количеством веществ вызывает обеспокоенность темп их прироста: в июле 2015 г. эта организация объявила о регистрации в базе данных стомиллионного вещества, а в июле 2021 г. имелись сведения уже о 183 млн соединений [2]. «Стратегия ЕС в отношении почв на период до 2030 года: использование полезных почв для людей, продуктов питания, природы и климата», объявленная Комиссией ЕС 17 ноября 2021 г., предполагает возможный пересмотр законодательства ЕС, связанного с химическими соединениями [3].

Гигиеническое нормирование химических веществ в почве – это важная и неотъемлемая часть контроля состояния почвы, однако существующая нормативная база существенно устарела. Основные регламентирующие документы по актуализации гигиенических нормативов химических веществ, загрязняющих почву, а именно «Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК¹ химических веществ в почве»² и «Временные методические указания по применению расчётного метода обоснования ориентировочных допустимых концентраций (ОДК) пестицидов в почве»³, до настоящего времени не пересматривались. Поэтому целью настоящей работы являлся пересмотр действующего документа.

В соответствии с положениями Указа Президента Российской Федерации от 11.03.2019 г. № 97⁴ целесообразно разработать новые подходы к оценке опасности химических

веществ, загрязняющих почву, с учётом международных стандартов и оценки риска для здоровья населения.

Уточнение принципов и методик нормирования химических веществ в почве должно осуществляться с учётом климатогеографических региональных особенностей России, а также функционального назначения территорий. Данные исследования направлены на реализацию положений Указа Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642⁵ в части эффективных решений нашего государства в области взаимодействия человека и природы, человека и технологий.

В России гигиеническое нормирование в почвах химических веществ проводилось как для валовых (30 веществ), так и для подвижных (9 веществ) форм их содержания; для 5 веществ обоснованы предельно допустимые концентрации (ПДК) как для валовой, так и для подвижной формы. Только в России утверждены нормативы валового содержания в почве для 6 смесей химических веществ, а также 18 ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) валового содержания 6 приоритетных загрязнителей, обоснованных для двух типов почв. Величины ОДК, разработанные для химических веществ природного происхождения, повсеместно присутствующих в почвах, пищевых продуктах и воде, обоснованы для трёх литогеохимических групп почв [4, 5].

В нашей стране использование почв должно осуществляться в зависимости от степени их химического, бактериологического, паразитологического и энтомологического загрязнения. Выделяются следующие функциональные зоны: жилая зона; детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площадки, территории дворов; зоны санитарной охраны (ЗСО) водных объектов; рекреационные зоны (скверы, парки, бульвары, пляжи, лесопарки); транспортные магистрали; промышленная зона; поля, сады и огороды, приусадебные участки, тепличные хозяйства. Санитарное состояние почв оценивается по ряду показателей, которые выбираются в зависимости от функционального назначения использования территории. Рекомендации по использованию почв в зависимости от степени их загрязнения основываются на уровнях содержания химических веществ в почвах по отношению к ПДК без учёта оценки риска для здоровья населения, проживающего на данных территориях.

На основании проведённых исследований можно сделать вывод, что перечень химических веществ, нормируемых для почвы, требует расширения по приоритетным группам соединений, включая стойкие органические соединения, а также с учётом функционального использования городских территорий и появления новых технологических

¹ Предельно допустимая концентрация (ПДК) – это такое содержание вредных химических веществ в окружающей среде (воздух, вода, почва, пищевые продукты, кожа работающих и др.), которое практически не влияет на здоровье человека при постоянном контакте или воздействии за определённый промежуток времени и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК существуют для всех вредных химических веществ.

² Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве, утверждённые Минздравом СССР от 05.08.1982 г. № 2609–82.

³ Временные методические указания по применению расчётного метода обоснования ориентировочных допустимых концентраций (ОДК) пестицидов в почве, утверждённые Минздравом СССР от 14.01.1981 г. № 2283–81.

⁴ Указ 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».

⁵ Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».

производственных циклов и химических загрязнений [6]. Кроме того, в методических указаниях по гигиенической оценке качества почвы населённых мест предусматриваются 7 объектов исследований, или функциональных зон, и 24 показателя оценки, выбранные с учётом действующих стандартов Российской Федерации (МУ 2.1.7.730-99)⁶. Поллютанты, не имеющие регламентированных уровней содержания в почве, не учитываются в рамках проводимых исследований в системе мониторинга и контроля. Таким образом, уровень опасности почвенных объектов может быть недооценён.

Основываясь на гигиенических принципах, отечественных наработках и международном разделении почв по функциональному типу использования территорий, схема обоснования допустимых уровней химических веществ для зон различного назначения в России должна быть переработана и дополнена. Таким образом, в НИР «Оценка риска воздействия противогололёдных материалов на здоровье человека и объекты окружающей среды при их применении на урбанизированных территориях» по этапу «Совершенствование системы гигиенического нормирования и контроля химических загрязнений почвы для снижения рисков здоровью населения» проведён комплексный анализ существующих методик нормирования химических веществ в почве с учётом функционального зонирования территорий, а также климатогеографических региональных особенностей России. Результатом стала разработка методических подходов и рекомендаций по обоснованию гигиенических нормативов химических веществ и биологических загрязнений в почве с учётом современных требований законодательства в области технического регулирования и международных стандартов.

Собственные исследования по оценке загрязнения почв городских территорий показали, что часто именно селитебная зона по суммарному показателю загрязнения, отражающему общий вклад тяжёлых металлов, относится к категории опасного загрязнения почв тяжёлыми металлами, при этом почвы других зон города имеют умеренно опасную степень загрязнения. Высокий уровень загрязнения почв селитебной зоны тяжёлыми металлами может быть обусловлен как возрастом застройки и эксплуатации территории, так и спецификой антропогенного воздействия, которое заключается в интенсивном использовании автотранспорта, особенно в последние годы. Такой уровень загрязнения приводит к увеличению заболеваемости населения, увеличению числа хронических заболеваний и нарушению функций сердечно-сосудистой системы 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. Например, высокая опесчаненность и переслоенность приводит к вымыванию ионов металлов в грунтовые воды и не способствует кумуляции тяжёлых металлов.

В соответствии с разделами «Методических рекомендаций по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве» (см. сноску ¹) выполнен анализ современных тенденций в затрагиваемых областях. Рассмотрены оригинальные и наиболее развитые системы нормирования содержания химических элементов в почвах различных стран, имеющие ряд специфических особенностей. Изучены нормативно-методические документы, в том числе международные, регламентирующие методы исследования химических веществ в почве, их трансформацию, миграцию, а также методы биотестирования и биоиндикации почв [7, 8]. Таким образом, по результатам работы можно сделать заключение о

том, что для городских почв, принадлежащих разным функциональным зонам, необходимо применять разные оценочные показатели обоснования ПДК загрязняющих веществ. Так, 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 не обязательно, данные представлены в таблице.

В наших исследованиях установлено, что для обеспечения химической безопасности целесообразно использовать три вида анализа: обзорный в целях идентификации компонентов, многоцелевой скрининг для подтверждения и количественной оценки объекта анализа и количественную оценку с применением валидированной процедуры. Однако в целях нормирования химических веществ и их смесей в почве необходимо использовать количественный анализ с применением валидированной процедуры. Скрининговые методы анализа почвы рекомендовано использовать при комплексной оценке территории [9–13].

Для целей гигиенического нормирования мы предлагаем 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, для гигиенического нормирования по всей стране целесообразно создать сеть подразделений государственной службы почвенного мониторинга и вести базу данных полученных результатов.

В разных странах нормативы содержания химических элементов в почве разрабатываются на основе нескольких входных параметров, среди которых наиболее важными и существенно влияющими на итоговое значение являются: субъект нормирования (экосистема и/или человек), геохимический фон и риск канцерогенных эффектов; действия в случае превышения норматива и универсальность показателя (применимость для всей территории страны или специально оговорённых почв или функциональных зон) [14, 15]. В связи с этим в методологии нормирования химических веществ в почве мы рекомендуем включить дополнительные критерии оценки с учётом согласованного физико-химического анализа и определения токсичности веществ (Toxicity Identification Evaluation – TIE). Данный подход состоит из трёх последовательных этапов: определение характеристики токсичности вещества; идентификация компонентов в пробах почвы, проявивших острую токсичность; подтверждение результатов идентификации токсичных компонентов в пробах почвы.

Кроме того, предлагается включить экотоксикологические методы анализа – биотестирование и фитотестирование, позволяющие получить данные о наличии/отсутствии токсических эффектов, вызываемых нормируемыми химическими веществами, в опережающем режиме (до проявления видимых изменений в природных экосистемах), в частности при проведении экспериментальных исследований по изучению водной миграции веществ в грунтовые воды и транслокационных процессов в пищевых продуктах растительного происхождения [16–18].

Поскольку поллютанты воздействуют на сопряжённые среды и организм человека различными путями, был разработан принцип отбора показателей для различных функциональных зон с применением модели оценки риска влияния загрязнённых почв на организм человека с учётом путей возможного воздействия и возрастных различий. 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.

⁶ Методические указания МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест». 2.1.7. Почва, очистка населённых мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы.

Оценочные показатели для обоснования ПДК химических веществ почв населённых мест в зависимости от типа землепользования
Estimated indicators to substantiate the chemicals MPC in soils of populated areas depending on the type of land use

№ No.	Функциональная зона Functional area	Наименование показателя вредности The name of the indicator of harmfulness				Интегральный показатель оценки риска Integral risk assessment indicator
		транслокационный Translocation	миграционный migration		Общесанитарный General sanitary	
			водный water	воздушный air		
1	Селитебная (жилая, детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площадки, территории дворов) Residential (residential, preschool and school institutions, playgrounds, courtyards)	Факультативный Optional	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory
2	Промышленная, в том числе транспортные магистрали Industrial, including transport highways	Факультативный Optional	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory	Факультативный Optional	Обязательный Obligatory
3	Рекреационная (скверы, парки, бульвары, пляжи, лесопарки, зоны санитарной охраны водоёмов, зоны отдыха, курортов, лечебно-оздоровительных учреждений, лесохозяйственные предприятия, природоохранные территории) Recreational (squares, parks, boulevards, beaches, forest parks, sanitary protection zones of reservoirs, recreation areas, resorts, health-improving institutions, forestry enterprises, nature conservation areas)	Факультативный Optional	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory
4	Сельскохозяйственная (опытные поля, сады и огороды, приусадебные участки, тепличные хозяйства) Agricultural (experimental fields, gardens and vegetable gardens, private plots, greenhouses)	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory	Обязательный Obligatory

Российские исследования по установлению нормативных величин для оценки качества почвы могут быть интерпретированы в контексте международных подходов по оценке территорий. Это позволит использовать международные результаты исследований, проведенных в стандартизованных условиях, для утверждения соответствующих отечественных нормативов для химических веществ в почве и исключения повторных дорогостоящих экспериментальных исследований [19, 20].

Функционирование государственной службы почвенно-го мониторинга, которая позволяет получать воспроизводимые и сопоставимые результаты, возможно при условии единых подходов к осуществлению охраны почвенной среды, унификации, стандартизации методик получения, анализа и обобщения информации по применению, уровням и особенностям поведения загрязняющих веществ в почвах [21, 22]. Остро стоит вопрос о создании стандартных образцов почв и загрязняющих веществ и проведении их метрологической аттестации. Стандартные образцы должны обеспечивать единство и требуемую точность анализов посредством градуировки, аттестации и поверки средств измерений, аттестации методик, контроля результатов анализов.

Эффективность общегосударственной службы контроля состояния почв в значительной степени определяется уров-

нем развития стандартизации показателей загрязнённости и методик их контроля, научной обоснованностью стандартизуемых показателей, уровнем метрологического обеспечения разрабатываемых стандартов.

Вследствие этого необходимо создание целевой программы, направленной на решение первоочередных задач по обеспечению охраны почв. К разработке этой программы должны быть привлечены специалисты гигиенического, агрохимического, сельскохозяйственного профиля.

Заключение

Значительные изменения в подходах к нормированию, совершенствование лабораторной и научно-технической базы экспериментальных исследований, произошедшие за последние 30 лет, обуславливают актуальность пересмотра «Методических рекомендаций по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве» с учётом современных требований к методикам определения и контроля химических веществ в почве, в том числе с применением методов оценки риска для здоровья населения.

В настоящее время ведётся работа над проектом методических рекомендаций, в которых будут отражены современные подходы к нормированию химических веществ в почве.

Литература

(п. п. 2, 3, 7, 8, 14, 15, 18, 20 см. References)

- ВОЗ. Новости 69-й сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения; 2016. Доступно: <https://www.who.int/ru/news/item/27-05-2016-sixty-ninth-world-health-assembly-update>
- Чернова О.В., Бекецкая О.В. Допустимые и фоновые концентрации загрязняющих веществ в экологическом нормировании (тяжёлые металлы и другие химические элементы). *Почвоведение*. 2011; (9): 1102–13.
- Нестерова О.В., Трегубова В.Г., Семаль В.А. Использование нормативных документов для оценки степени загрязнения почв тяжёлыми металлами. *Почвоведение*. 2014; (11): 1375–80. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14110082>
- Водяницкий Ю.Н. *Тяжёлые металлы и металлоиды в почвах*. М.; 2008.
- Нор П.Е. *Хроматографические и электрохимические методы контроля окружающей среды*. Омск; 2015.
- Удалова А.Ю., Дмитриенко С.Г., Апыри В.В. Методы выделения, концентрирования и определения антибиотиков тетрациклиновой группы. *Журнал аналитической химии*. 2015; 70(6): 577–93. <https://doi.org/10.7868/S0044450215060195>
- Груздев И.В., Зуева О.М., Титова Е.С., Сталюгин В.В., Кондратенко Б.М. Экстрагирование и определение фенола в почве методом газовой хроматографии. *Аналитика и контроль*. 2018; 22(1): 44–50. <https://doi.org/10.15826/analitika.2018.22.1.006>
- Иванов А.Л. Методология и категории исследования депозитарных, биогеоценологических, экологических и сервисных функций почв. *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2015; (80): 6–15.
- Куркова Т.Н., Королёва Ю.В., Залецкене Е.П. Определение меди и марганца в почвах Калининградской области. В кн.: *Материалы конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе»*. Калининград; 2014: 118–20.
- Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы. *Почвоведение*. 2011; (2): 190–8.
- Терехова В.А. Биоиндикация и биотестирование в экологическом контроле. Использование и охрана природных ресурсов в России. *Информационно-аналитический бюллетень*. 2007; (1): 88–90.
- Сысо А.И. Российские нормативы оценки качества почв и кормов: проблемы их использования. В кн.: *Экологический мониторинг окружающей среды: материалы международной школы молодых учёных*. Новосибирск; 2016: 153–68.
- Букс И.И. Некоторые методические подходы к оценке устойчивости природных комплексов для целей прогноза состояния окружающей среды. *Проблемы фоновой мониторинга состояния природной среды*. 1987; (5): 200–12.
- Координационно-информационный центр государств – участников СНГ по сближению регуляторных практик. Альтернативный метод исследования химических веществ – QSAR; 2019. Доступно: https://www.ciscenter.org/news/alternativnyy_metod_issledovaniya_khimicheskikh_veshchestv_qsar/

References

- WHO. Sixty-ninth World Health Assembly update; 2016. Available at: <https://www.who.int/news/item/27-05-2016-sixty-ninth-world-health-assembly-update>
- Chemical Abstracts Service (CAS) – A Division of the American Chemical Society. Available at: <https://www.cas.org/cas-data/cas-registry>
- EU Unveils Future Revision of Chemical Regulations Through New Clean Soil Strategy; 2021. Available at: <https://www.verisk3e.com/resource-center/blog/eu-unveils-future-revision-chemical-regulations-through-new-clean-soil-strategy>
- Chernova O.V., Beketskaya O.V. Permissible and background concentrations of pollutants in environmental regulation (heavy metals and other chemical elements). *Pochvovedenie*. 2011; (9): 1102–13. (in Russian)
- Nesterova O.V., Tregubova V.G., Semal' V.A. Use of regulatory documents for assessing the contamination of soils with heavy metals. *Pochvovedenie*. 2014; (11): 1375–80. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14110082> (in Russian)
- Vodyanitskiy Yu.N. *Heavy Metals and Metalloids in Soils [Tyazhelye metally i metalloidy v pochvakh]*. Moscow; 2008. (in Russian)
- Weislo E., Dlugosz L., Korcz M. A human health risk assessment software for facilitating management of urban contaminated sites: a case study: the Massa Site, Tuscany, Italy. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 2005; 11(5): 1005–24. <https://doi.org/10.1080/10807030500257762>
- Pan L., Feng X., Cao M., Zhang S., Huang Y., Xu T. et al. Determination and distribution of pesticides and antibiotics in agricultural soils from northern China. *RSC advances*. 2019; 9(28): 15686–93. <https://doi.org/10.1039/C9RA00783K>
- Nor P.E. *Chromatographic and Electrochemical Methods of Environmental Control [Khromatograficheskie i elektrokhimicheskie metody kontrolya okruzhayushchey sredy]*. Омск; 2015. (in Russian)
- Udalova A.Yu., Dmitrienko S.G., Apyari V.V. Methods for the separation, preconcentration, and determination of tetracycline antibiotics. *Zhurnal analiticheskoy khimii*. 2015; 70(6): 577–93. <https://doi.org/10.7868/S0044450215060195> (in Russian)
- Gruzdev I.V., Zueva O.M., Titova E.S., Stalyugin V.V., Kondratenok B.M. Extraction and gas-chromatographic determination of phenol in soil. *Analitika i kontrol'*. 2018; 22(1): 44–50. <https://doi.org/10.15826/analitika.2018.22.1.006> (in Russian)
- Ivanov A.L. Methodology and categories of studying depository, biogeocentoc, ecological and service functions of soils. *Bulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*. 2015; (80): 6–15. (in Russian)
- Kurkova T.N., Koroleva Yu.V., Zaletskene E.P. Determination of copper and manganese in the soils of the Kaliningrad region. In: *Materials of the Conference «Innovations in Science, Education and Business» [Materialy konferentsii «Innovatsii v nauke, obrazovanii i biznese»]*. Kaliningrad; 2014: 118–20. (in Russian)
- Heembergen D., Warne M., McLaughlin M., Kookana R. *The Australian methodology to derive ecological investigation levels in contaminated soils*. CSIRO Land and Water Science Report; 2009.
- Chinese Environmental Protection Agency of the States. *National soil environmental quality standard of China*. NSEQSC, GB15618; 1995.
- Terekhova V.A. Soil biotesting: approaches and problems. *Pochvovedenie*. 2011; (2): 190–8. (in Russian)
- Terekhova V.A. Bioindication and biotesting in ecological control. Use and protection of natural resources in Russia. *Informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2007; (1): 88–90. (in Russian)
- Stephenson G.L. *Terrestrial test methods for plants and soil invertebrates*. Diss. Guelph; 2003.
- Syso A.I. Russian standards for assessing the quality of soils and forages: problems of their use. In: *Ecological Monitoring of the Environment: Materials of the International School of Young Scientists [Ekologicheskii monitoring okruzhayushchey sredy: materialy mezhdunarodnoy shkoly molodykh uchenykh]*. Novosibirsk; 2016: 153–68. (in Russian)
- Römbke J., Knacker T. Standardization of terrestrial ecotoxicological effect methods: An example of successful international cooperation. *J. Soils. Sed.* 2003; 3(4): 237–8.
- Buks I.I. Some methodological approaches to assessing the stability of natural complexes for the purposes of predicting the state of the environment. Problems of background monitoring of the state of the natural environment. *Problemy fonovogo monitoringa sostoyaniya prirodnoy sredy*. 1987; (5): 200–12. (in Russian)
- 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)