

Оценка риска как инструмент принятия решения при рекультивации земель, загрязненных химическими веществами

М.Ю. Лапушкин¹, Г.К. Васильева², к.б.н., Н.Н. Лукьянова³, к.х.н.,

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»

²ФИЦ ПНЦБИ РАН – Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

³ФГБНУ «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета России

Аннотация:

При реализации проектов рекультивации земель, загрязненных химическими веществами, возникает проблема выбора методов и технологий для выполнения работ. В статье рассматривается методология оценки риска, как инструмента принятия решения при выборе технологий для рекультивации земельного участка. Приведен способ расчета риска и его оценки на примере загрязненного полихлорированными бифенилами (ПХБ) земельного участка вблизи ООО «Серпуховский конденсаторный завод «КВАР» в г. Серпухове Московской области.

Ключевые слова: риск, рекультивация, химическое загрязнение, почвы

Annotation:

When implementing projects for reclamation of lands contaminated with chemicals, the problem of choosing methods and technologies for performing work arises. The article discusses the methodology of risk assessment as a decision-making tool when choosing technologies for land reclamation. The calculation of the risk and its assessment are given on the example of a land plot contaminated with polychlorinated biphenyls near ООО «Serpukhov Condenser Plant «KVAR» in the city of Serpukhov, Moscow Region.

Key words: risk, reclamation, chemical pollution, soils

Почва, как компонент природной среды, подвергается антропогенной нагрузке за счет хозяйственной деятельности человека, в том числе загрязнению различными химическими веществами. Одним из основных источников химического загрязнения почвы является промышленность. Химическое загрязнение почв на земельных участках в результате функционирования предприятий промышленности происходит под действием газообразных и аэрозольных выбросов поллютантов в атмосферу, сбросов загрязненных сточных вод на рельеф местности и размещения промышленных отходов на земельных участках. Характер химического загрязнения почв вокруг промышленных предприятий зависит непосредственно от отрасли промышленности, применяемой технологии и технологического состояния линий производства продукции на предприятии.

Яркими примерами обширного химического загрязнения земельных участков служат такие объекты, как территория предприятия «Усольехимпром» (1600 га) в городе Усолье-Сибирское, полигон промышленных химических отходов «Красный Бор» (67,4 га) в Ленинградской области и промышленная площадка Байкальского целлюлозабумажного комбината (180 га) в Иркутской области [1]. Ежегодно выявляются и другие химически загрязненные земельные участки.

Также одним из примеров промышленного загрязнения является земельный участок в г. Серпухове Московской области, примыкающий к предприятию ООО «Серпуховский конденсаторный завод «КВАР» (далее завод «КВАР»). В результате использования до 1990 г. изоляционных масел на основе полихлорированных бифенилов (ПХБ) эта территория была загрязнена соединениями, которые Стокгольмской конвенцией отнесены к классу стойких органических загрязнителей [2]. История вопроса и анализ уровня загрязнения ПХБ данной территории достаточно подробно изложены в работах авторов статьи [3,4] и в работах других исследователей [5-8]. Установлено, что спустя почти 30 лет после прекращения использования ПХБ на производстве и выявления загрязнения почв на земельном участке уровень загрязнения поверхностного слоя почвы соответствует категории загрязнения «**чрезвычайно опасная**» [9], что указывает на необходимость принятия неотложных мер для устранения этого химического загрязнения.

Для рекультивации земельных участков и возвращения их в хозяйственный оборот разрабатываются и применяются различные методы и технологические решения. В целом, технологические подходы рекультивации можно разделить на *in situ* и *ex situ*. Методы *in situ* не требуют изъятия загрязненной почвы с земельного участка. К этой группе методов, относятся промывка почв, фиторемедиация, микробное разложение поллютантов под действием аборигенной микрофлоры или внесенных штаммов-деструкторов, локализация загрязнителей с помощью различных сорбентов и т.д. В свою очередь методы *ex situ* предполагают изъятие загрязненного грунта с земельного участка и транспортирование на специально оборудованную площадку, где осуществляют его обезвреживание с помощью химических или термических методов, путем сжигания, остекловывания (витрификации), химического окисления и т.д. [10].

Существующее природоохранное законодательство Российской Федерации и нормативно-технические акты, регулирующие вопросы рекультивации земель, не предполагают подбор методов и технологических решений, которые можно применять для рекультивации химически загрязненного земельного участка в каждом конкретном случае. Для обоснования необходимости рекультивации определено 5 категорий загрязнения почвы: *чистая*, *допустимая*, *умеренно опасная*, *опасная*, *чрезвычайно опасная*. В зависимости от категории загрязнения регламентируются и управленческие решения, принимаемые для рекультивации земельного участка. К ним относятся либо перекрытие

загрязненной почвы на земельном участке привезенным чистым слоем, либо изъятие загрязненной почвы и размещение на полигоне отходов [9,11].

Подобные инструменты не позволяют принимать обоснованные управленческие решения по выбору и применению конкретного метода и технологии для рекультивации земельного участка. Указанный недостаток можно устранить с помощью риск-ориентированного подхода. Данный подход предполагает количественную оценку уровня риска от источника химической опасности и принятия решения согласно определённому уровню риска [12]. Оценка рисков считается полезным инструментом экологической политики для рациональной и объективной расстановки приоритетов и принятия решений [13,14].

Загрязненный химическими веществами земельный участок несет определенный уровень риска для здоровья населения. Оценка риска подразумевает процесс количественной оценки опасности возникновения неблагоприятных последствий у человека под действием загрязняющих химических веществ. Принципиальная схема воздействия загрязненных почв на человека представлена на рисунке 1. В зависимости от уровня риска для здоровья населения можно определять методы и технологии (*in situ* или *ex situ*), которые необходимо применять для рекультивации и ранжировать загрязненные земельные участки по степени опасности.

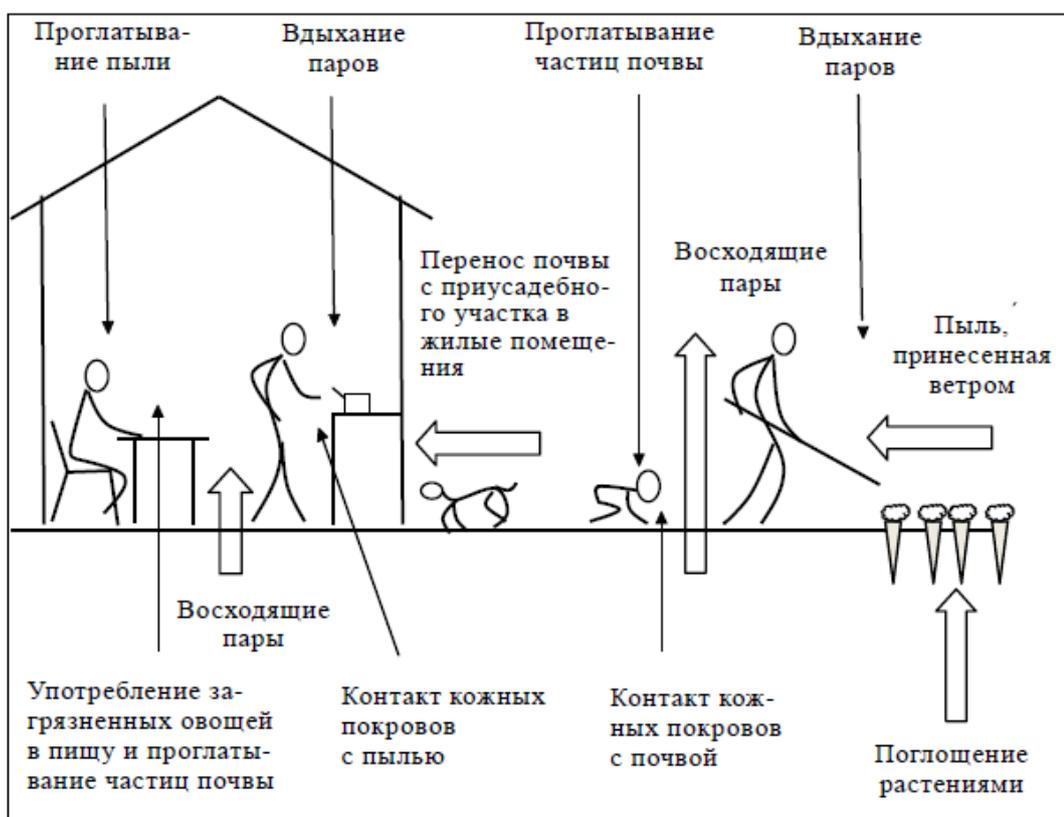


Рисунок 1 – Принципиальная схема воздействия загрязненных почв на человека [15]

Химическое вещество может поступать из почвы и оказывать негативное воздействие на здоровье человека тремя путями: **ингаляционным,**

кожно-резорбтивным и пероральным. При расчете доз поступления учитывается также наличие или отсутствие веществ, обладающих канцерогенностью. ПХБ обладают высокой способностью вызывать появление злокачественных опухолей у человека или животного. Международное агентство по изучению рака отнесло ПХБ в группе веществ 2А – весьма вероятные канцерогены [16].

Количественная оценка риска воздействия химического вещества на человека, находящегося на загрязненной территории, основана на определении дозы его поступления в организм человека по каждому из трех путей поступления. Методические подходы расчёта доз поступления химического вещества из почвы и последующего определения уровня риска изложены в работах [17-19].

Целью настоящей статьи является применение риск-ориентированного подхода для обоснования методов рекультивации химически загрязненного земельного участка на примере загрязненной территории г. Серпухове.

Объекты и методы

На рисунке 2 представлена карта-схема загрязненной территории, примыкающей к заводу «КВАР», и двух обследуемых участков, выбранных для количественной оценки уровня риска для проживающего рядом с этим участком населения, который несет загрязненная территория. В июне 2020 г. на этих участках методом конверта были отобраны пробы поверхностного слоя почвы [20]. Характеристики обследованных земельных участков, которые необходимы для оценки риска, приведены в таблице 1.

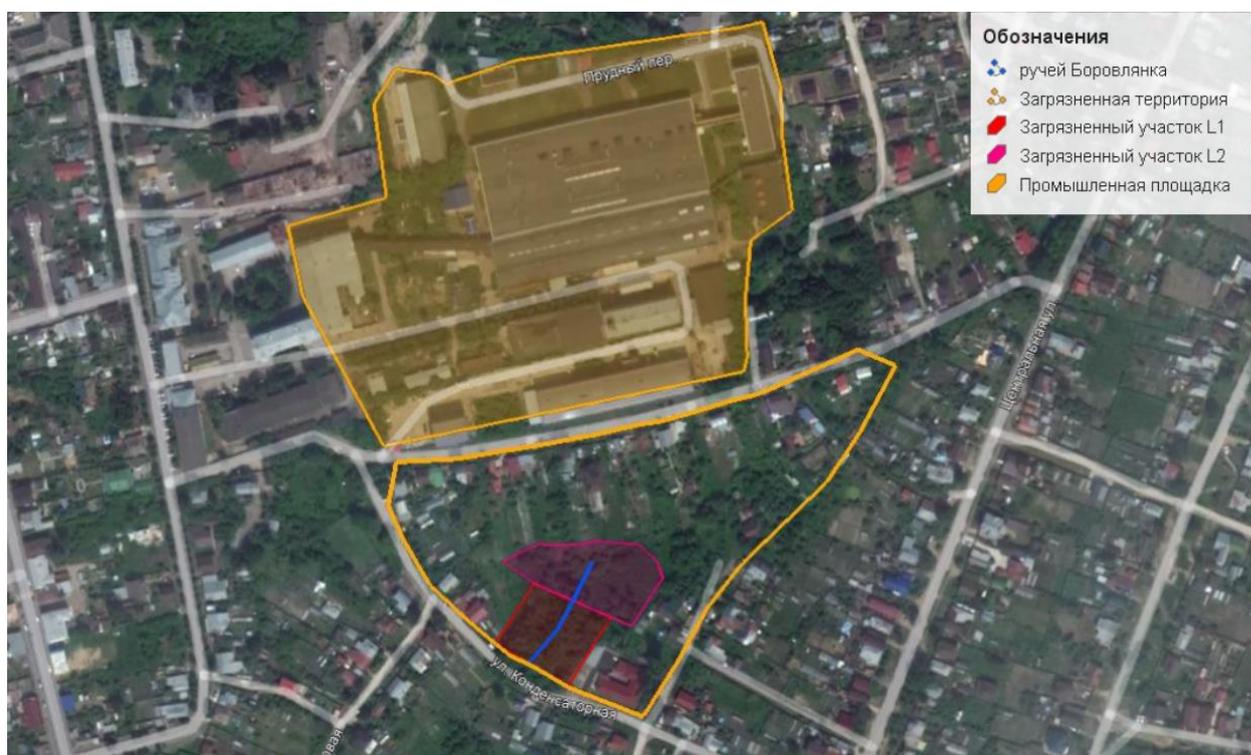


Рисунок 2 – Карта-схема загрязненной территории, примыкающей к заводу «Квар» в г. Серпухове, и 2-х обследуемых участков

Таблица 1 – Характеристики выбранных земельных участков на территории, примыкающей к заводу «КВАР» в г. Серпухове.

Земельный участок	Площадь, га	Уровень загрязнения поверхностного слоя почвы (0-50 см) ПХБ, мг/кг	Превышение допустимой концентрации для ПХБ в почвах [4]
L1	0,35	4537,3	226 865
L2	0,44	44,5	2223

Среднесуточную пероральную дозу поступления ПХБ из почвы в организм человека определяли по уравнению (1):

$$I_{\text{пер}} = Cs * FI * EF * ET * CF2 * \frac{EDc * IRc}{BWc} + \frac{EDa * IRa}{AT * 365} \quad (1)$$

где $I_{\text{пер}}$ – поступление химического вещества с почвой, мг/(кг*сут); Cs – концентрация вещества в почве, мг/кг; FI – загрязненная фракция почвы, отн. ед; EF – частота воздействия, дней/год; ET – время воздействия, час/день; $CF2$ – пересчетный коэффициент, дней/час; EDc – продолжительность воздействия в возрасте моложе 6 лет; IRc – скорость поступления в возрасте 6 и менее лет, мг/сут; BWc – масса тела человека в возрасте 6 и менее лет, кг; EDa – продолжительность воздействия в возрасте старше 6 лет; IRa – скорость поступления в возрасте старше 6 лет, мг/сут; BWa – масса тела в возрасте старше 6 лет; AT – период усреднения экспозиции, лет.

Среднесуточную дозу поступления ПХБ из почвы по ингаляционному пути определяли по уравнению (2):

$$I_{\text{инг}} = \frac{Ca * IR * ED * EF}{BW * AT * 365}, \quad (2)$$

где $I_{\text{инг}}$ – удельная среднесуточная ингаляционная доза химического вещества, поступающего из почвы, мг/(кг*сут); Ca – концентрация вещества в воздухе, мг/м³; IR – скорость поступления, м³/сут; ED – продолжительность воздействия, лет; EF – частота воздействия, дней/год; BW – масса тела, кг; AT – период усреднения экспозиции, лет.

$$Ca = Cs * \frac{1}{PEF} + \frac{1}{VF}, \quad (3)$$

где Cs – концентрация вещества в почве, мг/кг; PEF – фактор эмиссии пылевых частиц, м³/кг; VF – фактор испарения из почвы, м³/кг.

Удельную среднесуточную кожно-резорбтивную дозу ПХБ, поступающего из почвы, определяли по уравнениям (4 и 5):

$$DAD_s = \frac{DAE_s * EF * ED * EV * SA_o}{BW * AT * 365} \quad (4)$$

$$DAE_s = C_s * CF * AF * ABSd \quad (5)$$

где DAD_s – удельная среднесуточная кожно-резорбтивная доза химического вещества, поступающего из почвы, мг/(кг*сут); DAE_s – абсорбированная доза за событие, мг/(кг*сут); CF – пересчетный коэффициент, кг/мг; AF – фактор загрязнения кожи, мг/см²; $ABSd$ – абсорбированная фракция, отн. ед.; SA_o – площадь поверхности кожи, см²; EV – число событий в сут.

Оценку риска для канцерогенных химических веществ выполняли по уравнению (6):

$$CR = LADD \times SF, \quad (6)$$

где $LADD$ – среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг*сут); SF – фактор канцерогенного потенциала, (мг/кг*сут)⁻¹

Результаты и обсуждение

С помощью уравнений (1–5) были рассчитаны среднесуточные дозы поступления ПХБ из почвы в организм человека для двух участков L1 и L2. По формуле (6) определено значение уровней риска, которое исходит от загрязненных земельных участков. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Среднесуточные дозы поступления ПХБ из почвы в организм человека пероральным, ингаляционным и кожно-резорбтивным путем на двух загрязненных участках вблизи з-да «КВАР» и уровни риска для здоровья населения

Земельный участок	$I_{\text{пер}}$ мг/(кг*сут)	$I_{\text{инг}}$ мг/(кг*сут)	DAD_s мг/(кг*сут)	Уровень риска CR
L1	0,012	1,27	0,0012	$8,7 * 10^{-2}$
L2	0,00013	0,012	1,24E-05	$8,3 * 10^{-5}$

Уровни риска классифицируется по критериям приемлемости риска для здоровья населения. Выделяют 4 уровня риска:

- 1) пренебрежимо малый – $\leq 1 * 10^{-6}$;
- 2) предельно допустимый – от $> 1 * 10^{-6}$ до $\leq 1 * 10^{-4}$;
- 3) приемлемый профессиональный – $> 1 * 10^{-4}$ до $\leq 1 * 10^{-3}$;
- 4) неприемлемый – $> 1 * 10^{-3}$.

При достижении уровня неприемлемого риска необходимо проведение экстренных мероприятий по его снижению. Профессиональный риск обусловлен производственными факторами, которые воздействуют на человека, работающего на промышленных объектах. Предельно допустимый и пренебрежимо малый риск соответствует обычной жизнедеятельности человека, который не подвергается воздействию различных опасных факторов окружающей среды.

Расчёты показали, что участок L1 имеет неприемлемый риск, а участок L2 – предельно допустимый риск. При неприемлемом уровне риска необходимо срочное вмешательство для устранения источника опасности.

Поэтому участок L1 необходимо рекультивировать только с применением технологий *ex situ*, которые предполагают изъятие загрязненной почвы с земельного участка и транспортировку к месту захоронения или ремедиации. Земельный участок L2 с уровнем риска «предельно допустимый» можно подвергнуть рекультивации методами *in situ*, так как химическое загрязнение не оказывает чрезвычайно опасного воздействия на здоровье населения.

В целом можно предложить следующий подход для выбора методов и технологий при рекультивации химически загрязненных земель. Если уровень риска, который несет земельный участок, соответствует неприемлемому и приемлемому профессиональному риску, то необходимо применять методы *ex situ*. В случаях соответствия уровня риска пренебрежимо малому и предельно допустимому риску возможно проводить рекультивацию участка методом *in situ*.

Заключение

Оценка уровня риска является удобным инструментом в экологической политике для принятия управленческих решений. В предложенном подходе рассматривается только оценка риска для здоровья населения от загрязненного поверхностного слоя почвы. При проникновении загрязнения на более глубокие горизонты, сопровождающемся загрязнением грунтовых вод, необходимо оценивать уровни риска, которые исходят от загрязненных грунтовых вод и возможной вертикальной и горизонтальной миграции химических веществ.

Список используемой литературы

1. Сведения, содержащиеся в государственном реестре объектов накопленного вреда окружающей среде – Москва. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/docs/svedeniya_soderzhashchiesya_v_gosudarstvennom_reestre_obektov_nakoplennogo_vreda_okruzhayushchey_srede/ (дата обращения 25.12.2021 г.).
2. United Nations Environment Programme. Secretariat of the Stockholm Convention. - Geneve – URL: <http://chm.pops.int/default.aspx> (дата обращения 25.12.2021 г.).
3. Васильева, Г.К. Сорбционно-биологическая очистка почв, загрязненных полихлорированными бифенилами / Г.К. Васильева, Е.Р. Стрижакова, Б.Н. Золотарева [и др.] // Экологическая ситуация в городе Серпухове и перспективы её улучшения – М.: НИА – Природа, 2008 – С. 241 – 250.
4. Лапушкин, М.Ю. Многолетний мониторинг трансформации и миграции полихлорированных бифенилов на загрязненном участке в г. Серпухове Московской области / М.Ю. Лапушкин, Н.Н. Лукьянова, Г.К. Васильева // Использование и охрана природных ресурсов в России – 2020 - №4 – с. 75-80.
5. Капранов, В.В. Микроорганизмы деструкторы полихлорированных бифенилов: специальность 03.00.07 «Микробиология»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Капранов

- Владимир Владимирович; Государственный научно-исследовательский центр токсикологии и гигиенической регламентации биопрепаратов – Серпуховский район, п. Большевик, 1999 – 107 С.
6. Демин, Д.В. Ремедиация почв, загрязненных полихлорбифенилами: специальность 03.02.13 «Почвоведение»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Демин Дмитрий Викторович; Институт фундаментальных проблем биологии Российской академии наук – Пущино, 2013 – 138 с.
 7. Малина, Н.В. Приоритетные органические загрязнители в объектах окружающей среды: специальность 03.02.08 «Экология (по отраслям)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Малина Наталья Владимировна; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» - Москва, 2016 – 159 с.
 8. Аладин, Д.Ю. Влияние микрорельефа на распределение полихлорбифенилов в почвах / Д.Ю. Аладин, Н.Ф. Деева, С.М. Севостьянов [и др.] // Теоретическая и прикладная экология – 2017 - № 2 - с. 64-70.
 9. Постановление главного государственного врача Российской Федерации 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».
 10. Соловьянов, А.А. Ликвидация накопленного вреда окружающей среде в Российской Федерации / А.А. Соловьянов, С.Я. Чернин // Москва: Наука РАН, 2017. — 456 с.
 11. Постановление главного государственного санитарного врача от 28 января 2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
 12. Горский, В.Г. Научно-методические аспекты анализа риска / В.Г. Горский, Г.А. Моткин , В.А. Петрунин [и др.] // Москва: Экономика и информатика, 2002 – 260 с
 13. Darmendrail, D. Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe Volume 1 Scientific Basis / D. Darmendrail, C. Ferguson // - 1998 - LQM Press, Nottingham – 107 p.
 14. Швецова-Шиловская, Т.Н. Применение методологии анализа риска для прогнозирования воздействия на окружающую среду объектов накопленного экологического ущерба / Т.Н. Швецова – Шиловская, А.А.

- Афанасьева, Т.Н. Громова [и др.] // Проблемы анализа риска – 2016 - №3 – с. 70 – 77.
15. Руководящие принципы разработки национальных стратегий использования мониторинга загрязнения почв в качестве инструмента экологической политики – Женева, 2014 – 30 с.
 16. Майстренко, В.Н. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.Н. Майстренко, Н.А. Клюев. – Москва: Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2004 – 323 с.
 17. Методические рекомендации. Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ. –М.: Санэпидмедиа, ГУ НИИ ЭЧ и ГОС имени А.Н. Сысина РАМН, ММА имени И.М. Сеченова, Консультационный центр по оценке риска, Центр Госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. - 28 с.
 18. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.- М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
 19. Методические рекомендации. Применение факторов канцерогенного потенциала при оценке риска воздействия химических веществ. М.: Санэпидмедиа, ГУ НИИ ЭЧ и ГОС имени А.Н. Сысина РАМН, ММА имени И.М. Сеченова, Центр Госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. - 44 с.
 20. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охраны природы. Почвы. Общие требования к отбору почв: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 июня 2018 г. № 302-ст: дата введения 2019-01-01 / разработан Ассоциацией «Некоммерческое партнерство «Координационно – информационный центр государств – участников СНГ по сближению регуляторных практик (Ассоциация «НП «КИЦ СНГ») - Москва: Стандартинформ, 2018 – 4 с.

Bibliography

1. Information contained in the state register of objects of accumulated harm to the environment - Moscow. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/docs/svedeniya_soderzhashchiesya_v_gosudarstvennom_reestre_obektov_nakoplennogo_vreda_okruzhayushchey_sre/ (date of treatment 12/25/2021).
2. United Nations Environment Programme. Secretariat of the Stockholm Convention. - Geneve – URL: <http://chm.pops.int/default.aspx> (date of treatment 25.12.2021 г.).
3. Vasilyeva, G.K. Sorption-biological treatment of soils contaminated with polychlorinated biphenyls / G.K. Vasilieva, E.R. Strizhakova, B.N.

- Zolotareva [et al.] // Ecological situation in the city of Serpukhov and prospects for its improvement - M.: NIA - Priroda, 2008 - P. 241 - 250.
4. Lapushkin, M.Yu. Long-term monitoring of the transformation and migration of polychlorinated biphenyls at the contaminated site in the city of Serpukhov, Moscow region / M.Yu. Lapushkin, N.N. Lukyanov, G.K. Vasilyeva // Use and protection of natural resources in Russia - 2020 - №4 - p. 75-80.
 5. Kapranov, V.V. Microorganisms, destructors of polychlorinated biphenyls: specialty 03.00.07 "Microbiology": dissertation for the degree of candidate of biological sciences / Kapranov Vladimir Vladimirovich; State Research Center for Toxicology and Hygienic Regulation of Biological Products - Serpukhov District, Bolshevik village, 1999 - 107 p.
 6. Demin, D.V. Remediation of soils contaminated with polychlorinated biphenyls: specialty 03.02.13 "Soil Science": dissertation for the degree of candidate of biological sciences / Demin Dmitry Viktorovich; Institute of Fundamental Problems of Biology of the Russian Academy of Sciences - Pushchino, 2013 - 138 p.
 7. Malina, N.V. Priority organic pollutants in environmental objects: specialty 03.02.08 "Ecology (by industry)": dissertation for the degree of candidate of chemical sciences / Malina Natalya Vladimirovna; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I.M. Gubkin" - Moscow, 2016 - 159 p.
 8. Aladin, D.Yu. Influence of microrelief on the distribution of polychlorinated biphenyls in soils / D.Yu. Aladin, N.F. Deeva, S.M. Sevostyanov [et al.] // Theoretical and Applied Ecology - 2017 - № 2 - p. 64-70.
 9. Resolution of the Chief State Doctor of the Russian Federation of January 28, 2021 No. 3 "On the approval of sanitary rules and norms SanPiN 2.1.3684-21" Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of urban and rural areas, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soil, living quarters, operation of industrial and public premises, organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures. "
 10. Solovyanov, A.A. Elimination of accumulated harm to the environment in the Russian Federation / A.A. Solovyanov, S. Ya. Chernin // Moscow: Science RAS, 2017. -- 456 p.
 11. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of January 28, 2021 No. 2 "On the approval of sanitary rules and norms SanPiN 1.2.3685-21" Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans. "
 12. Gorsky, V.G. Scientific and methodological aspects of risk analysis / V.G. Gorsky, G.A. Motkin, V.A. Petrunin [and others] // Moscow: Economy and informatics, 2002 - 260 p.
 13. Darmendrail, D. Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe Volume 1 Scientific Basis / D. Darmendrail, C. Ferguson // - 1998 - LQM Press, Nottingham - 107 p.

14. Shvetsova-Shilovskaya, T.N. Application of risk analysis methodology for predicting the environmental impact of accumulated environmental damage objects / T.N. Shvetsova - Shilovskaya, A.A. Afanasyeva, T.N. Gromova [et al.] // Problems of risk analysis - 2016 - №3 - p. 70 - 77.
15. Guidelines for the development of national strategies for the use of soil pollution monitoring as an instrument of environmental policy - Geneva, 2014 - 30 p.
16. Maistrenko, V.N. Ecological and analytical monitoring of persistent organic pollutants: a textbook for students of higher educational institutions / V.N. Maistrenko, N.A. Klyuev. - Moscow: Publishing house "BINOM. Knowledge laboratory ", 2004 - 323 p.
17. Methodical recommendations. Calculation of doses in assessing the risk of multi-media exposure to chemicals. –M.: Sanitary and Epidemiological Media, State Institution Research Institute of Electronic Chemistry and State Medical University named after A.N. Sysina RAMS, MMA named after I.M. Sechenov, Consulting Center for Risk Assessment, Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision in Moscow, 2003. - 28 p.
18. Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment. - M. : Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2004. -143 p.
19. Methodical recommendations. Application of factors of carcinogenic potential in assessing the risk of exposure to chemicals. M. Sysina RAMS, MMA named after I.M. Sechenov, Center of State Sanitary and Epidemiological Supervision in Moscow, 2003. - 44 p.
20. GOST 17.4.3.01-2017. Nature protection. Soils. General requirements for the selection of soils: interstate standard: official edition: approved and put into effect by order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated June 1, 2018 No. 302-st: date of introduction 2019-01-01 / developed by the Association "Non-Commercial Partnership" Coordination and Information Center of the CIS Member States on Rapprochement of Regulatory Practices (Association "NP" CIS CIC ") - Moscow: Standartinform, 2018 - 4 p.