

**Мониторинг почв в районе предприятий по утилизации
опасных промышленных отходов**

© 2024. Е. В. Дабах¹, к. б. н., с. н. с.,
Т. Я. Ашихмина^{1,2}, д. т. н., профессор, зав. лабораторией, г. н. с.,
Г. Я. Кантор^{1,2}, к. т. н., с. н. с., А. С. Тимонов^{1,2}, ведущий инженер,
Е. А. Домнина^{1,2}, к. б. н., с. н. с., доцент,
¹Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук,
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,
²Вятский государственный университет,
610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,
e-mail: ecolab2@gmail.com

В статье даны предложения по организации и проведению мониторинга почв в окрестностях создаваемого в Кировской области предприятия по утилизации отходов I и II классов опасности (Экотехнопарк «Мирный») на базе бывшего объекта уничтожения химического оружия. Предложен перечень контролируемых в почвах показателей, составленный на основе сведений о составе выбросов, требований нормативных документов, результатов проведения инженерно-экологических изысканий и оценки воздействия на окружающую среду. Рекомендована сеть мониторинга почв, включающая 14 площадок, заложенных в разных биоценозах в соответствии с розой ветров и особенностями рельефа местности, которая согласована с сетью мониторинга воздуха и растительности. Разработанный регламент мониторинга предусматривает разную частоту отбора и анализа почвенных образцов на различные показатели в зависимости от технологического процесса, состава выбросов на каждой его стадии, и, кроме того, предусматривает обследование почв непосредственно перед началом работы объекта. Это обследование позволит оценить природно-антропогенный фон и в последующем оценить уровень воздействия на окружающую среду по аккумулятивной тенденции в содержании загрязняющих веществ. Такой подход представляется актуальным при высокой сложности почвенного покрова, удалённости заповедных территорий, строительстве объекта на ранее освоенных территориях, противоречивых и неполных сведениях о региональном фоне.

Ключевые слова: мониторинг почв, загрязнение, показатели свойств почв, сеть мониторинга.

**Soil monitoring in the area of hazardous
industrial waste disposal facilities**

© 2024. E. V. Dabakh¹ ORCID: 0000-0002-6088-4819, T. Ya. Ashikhmina^{1,2} ORCID: 0000-0003-4919-0047,
G. Ya. Kantor^{1,2} ORCID: 0000-0002-6462-6702, A. S. Timonov^{1,2} ORCID: 0000-0001-8560-3051,
E. A. Domnina^{1,2} ORCID: 0000-0002-5063-8606

¹Institute of Biology of the Komi Scientific Center
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,
²Vyatka State University,
36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,
e-mail: ecolab2@gmail.com

The article provides proposals for organizing and conducting soil monitoring in the vicinity of the enterprise for recycling waste of I and II hazard class. Ecotechnopark "Mirny" is organized in the Kirov region on the basis of the former chemical weapons destruction facility. We propose a list of indicators, controlled in soils, based on information on the composition of emissions, requirements of regulatory documents, results of engineering and environmental surveys and environmental impact assessments. A soil monitoring network was recommended, including 14 sites located in different biocenoses in accordance with the wind rose and terrain features, which is coordinated with the air and vegetation monitoring network. The developed monitoring regulations provide for different frequency of soil sampling

and analysis for various indicators depending on the technological process, composition of emissions at each stage, and provides for soil survey immediately before the start of operation of the facility. This survey will allow us to assess the natural-anthropogenic background and subsequently assess the level of environmental impact by accumulative trend in the content of pollutants. This approach seems relevant in a high soil cover complexity, remoteness of protected areas, construction of the object on previously developed territories, and contradictory and incomplete information about the regional background. Annually soil sampling from the upper layers of soil seems advisable. If contamination of the upper horizon is detected, soil samples from the underlying layers should be analyzed to determine the depth of contamination. It is especially important when groundwater is close to the ground.

Keywords: soil monitoring, pollution, indicators of soil properties, monitoring network.

Мониторинг почв является неотъемлемой частью экологического мониторинга. Мониторинг – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды, не включающая управление качеством окружающей среды [1]. Почвенный мониторинг направлен на выявление антропогенных изменений почв, которые могут в конечном итоге нанести вред здоровью человека или состоянию экосистемы [2].

В Кировской области, согласно Постановлению Правительства РФ от 30 апреля 2019 г. «Об осуществлении бюджетных инвестиций за счет средств федерального бюджета в объекты федерального строительства в рамках федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами I-II классов опасности», планируется разместить производственно-технический комплекс (Экотехнопарк «Мирный») по переработке отходов на территории бывшего объекта хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО) «Марадыковский» в пос. Мирный Оричевского района [3]. Многолетнее существование опасного химического объекта с развитой инфраструктурой оказало воздействие на природный комплекс в целом, почвенный покров и почвы в частности. В связи с этим при организации системы мониторинга в районе деятельности производственно-технического комплекса (ПТК) необходимо учитывать как природные особенности территории, так и её состояние до начала функционирования объекта.

Мониторинг почв должен базироваться на информации об источниках загрязнения – выбросах и стоках. На предприятии планируется создать замкнутую систему оборотного водоснабжения, соответственно, загрязнение почв возможно в основном лишь за счёт оседания выбросов загрязняющих веществ от различных источников (стационарных, подвижных) на поверхности почвы. Нарушение почвенного покрова возможно вследствие создания инфраструктуры (дорог, коммуникаций), строительства новых зданий и сооружений. Подходы, методы мониторинга атмосферного

воздуха на территории Экотехнопарка «Мирный» представлены в работе [4].

Цель настоящей работы – разработка системы мониторинга почв как составной части комплексного экологического мониторинга ПТК, включающей обоснование показателей мониторинга почв, пунктов наблюдательной сети, согласованной с системой мониторинга атмосферного воздуха, регламента отбора проб и критериев оценки состояния почв в районе создаваемого Экотехнопарка «Мирный».

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются почвы в районе ПТК (Экотехнопарк «Мирный»), который планируется создать в центральной части Кировской области к западу-юго-западу от г. Кирова в Оричевском районе. Здесь простирается Средневятская низменность с преобладающими высотами ниже 150 м над уровнем моря, в пределах которой верхнепермские глины, алевролиты, песчаники, мергели, известняки перекрыты мощным слоем флювиогляциальных, древнеаллювиальных и аллювиальных четвертичных отложений [5]. Климат – континентального умеренного типа со среднегодовыми температурами 3,1 °С. Территория расположена в подзоне южной тайги, представленной ельниками-зеленомошниками и сосновыми борами. На основании анализа имеющихся фондовых материалов и по результатам полевого почвенного обследования, проведённого в рамках инженерно-экологических изысканий (ИЭИ) Экотехнопарка «Мирный», на территории в радиусе 2 км от проектируемого предприятия были выделены следующие типы почв: подзолы (в основном под хвойными лесами), дерново-подзолистые (на заброшенных пахотных землях), фрагментами дерново-карбонатные, дерново-глеевые (на выходах карбонатных пород), а также аллювиальные дерновые и болотные почвы (рис., см. цв. вкладку I). Такое многообразие почв обусловлено расположением объекта и его

Е. В. Дабах, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор, А. С. Тимонов, Е. А. Домнина
«Мониторинг почв в районе предприятий по утилизации
опасных промышленных отходов». С. 82.

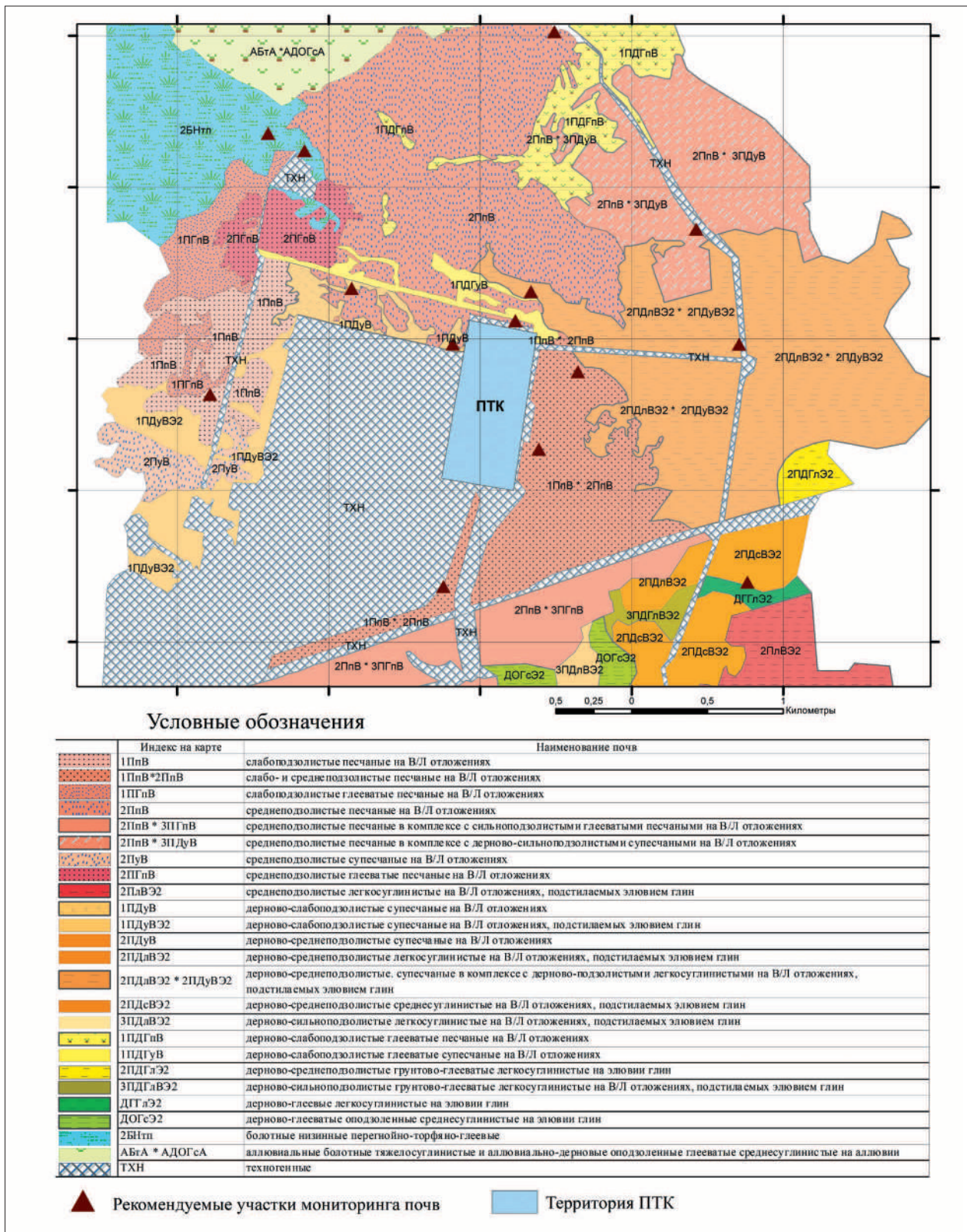


Рис. Почвенная карта-схема в районе размещения Экотехнопарка «Мирный»
Fig. Soil map-scheme in the area of the Mirny Ecotechnopark

санитарно-защитной зоны (СЗЗ) в пределах трёх типов ландшафтов: в восточной части – это пологоволнистая аккумулятивная водноледниковая равнина, в западной – долина р. Вятки с гривистыми и выровненными поймами, болотными массивами, нечётко выраженными террасами, и собственно техногенный ландшафт. Последний включает территорию, которая находится на 2-й надпойменной террасе и представляет собой приподнятые над естественным рельефом на 1,5–2,5 м за счёт насыпных грунтов (в основном песка) выровненные площади с многочисленными строениями и коммуникациями.

Результаты и обсуждение

Программа мониторинга почв Экотехнопарка «Мирный» должна включать перечень контролируемых веществ, сеть мониторинга и регламент отбора проб.

Перечень контролируемых в почвах показателей устанавливался на основе нормативных документов, информации о составе выбросов [6]. Он учитывает особенности технологического процесса на ПТК, а также состояние почв на данной территории после прекращения деятельности ОХУХО. Согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017, «показатели, подлежащие контролю, выбирают из указанных в ГОСТ 17.4.2.01 и ГОСТ 17.4.2.02. В перечень определяемых в почвах химических элементов и соединений входят: тяжёлые металлы, мышьяк, фтор, бром, сера, аммоний, цианиды, фосфаты, ароматические соединения (бензол, толуол, ксилол, фенолы), полициклические углеводороды (бенз(а)пирен), хлорированные углеводороды (алифатические, полихлорбифенилы, полиароматические), хлорорганические и фосфорорганические соединения (пестициды), нефть и нефтепродукты, минеральные масла».

В перечень показателей химического загрязнения почв вокруг объекта должны быть включены показатели, выбранные из списка обязательных к определению в СЗЗ, а также связанные с характером выбросов предприятия. Таким образом, перечень включает химические элементы и вещества, характеризующие объект как источник загрязнения, и, кроме того, ряд показателей, указанных в ГОСТ 17.4.4.02-2017: ароматические углеводороды, цианиды, полихлорированные бифенилы (ПХБ) и диоксины (табл.). Такие показатели свойств почв, как рН (относится к обязательным для определения, учитывается при сравнении с ОДК элемента в почве по

СанПиН 1.2.3685-21), гранулометрический состав (определяется органолептически при отборе проб почвы и учитывается при сравнении с ОДК элемента в почве по СанПиН 1.2.3685-21), содержание органического вещества влияют на подвижность загрязняющих веществ и правильную оценку полученных данных. Если гранулометрический состав и содержание органического вещества – относительно стабильные показатели, то рН – более динамичный показатель, его изменение может быть результатом сезонной динамики, а также воздействия кислот или щелочей, содержащихся в выбросах от источников загрязнения.

Ртуть, медь, хром и другие тяжёлые металлы (ТМ) могут быть в составе выбросов при аварийных ситуациях или отступлениях от технологии. Металлы I–III классов опасности определяют для расчёта суммарного показателя химического загрязнения (Zc) по СанПиН 1.2.3685-21. В перечень включены подвижные соединения ТМ, нормируемые в почвах.

Диоксины образуются в результате неполного сгорания хлорсодержащих веществ, накапливаются в почве, и также периодически должны отслеживаться. Диоксины часто фиксируются в почвах вокруг горящих полигонов твёрдых бытовых отходов (ТБО), а изучение профилей распределения конгенов дибензофурана (ПХДД/Ф) позволяет вычленивать источники загрязнения (автотранспорт, ПХБ-содержащие технические жидкости и др.) [7].

Повышенное содержание мышьяка, фтора, серы, фосфора в почвах, связанное с бывшей деятельностью ОХУХО, отмечено в материалах ИЭИ и оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС).

Цианиды, фенолы – это вещества, участвующие в технологическом цикле строящегося объекта. По этой же причине в перечень показателей включены нитратный и аммонийный азот, хлориды, сульфаты. Накопление хлорид- и сульфат-ионов в почвах с промывным водным режимом маловероятно. В работе [8] показано, что даже при очень большом количестве выбросов SO₂ (300 тыс. т/год по сравнению с 490 т/год на создаваемом объекте) не выявлено накопления серы в подстилке подзолов, а отмечено лишь небольшое увеличение её содержания в иллювиально-железисто-гумусовом горизонте (ВНГ). Однако возможно, что в условиях застоя влаги (в полугидроморфных и гидроморфных почвах), они будут присутствовать в значимых количествах.

В перечень включены неспецифические показатели – острая токсичность в не менее чем 2-х биотестах для «экотоксикологической оценки почвы как компонента окружающей среды, способного накапливать значительные количества загрязняющих веществ и оказывать как непосредственное влияние на состояние здоровья населения, так и опосредованное – через потребляемую сельскохозяйственную продукцию» (п. 4.18 СП 11-102-97).

Сеть мониторинга. Мониторинг почв проводится на постоянных площадках, согласованных с сетью мониторинга атмосферного воздуха и растительности. В соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017, «для контроля санитарного состояния почвы в зоне влияния промышленного источника загрязнения пробные площадки закладывают на площади, равной 3-кратной величине санитарно-защитной зоны», «при контроле загрязнения почв предприятиями промышленности пробные площадки намечают вдоль векторов розы ветров, причём при неоднородном рельефе местности их располагают по элементам рельефа». Такой подход, учитывающий особенности ландшафта, предполагает «нерегулярный» способ размещения площадок мониторинга, и, как отмечено в работе [9], может быть реализован при активном использовании всей ранее накопленной информации о почвенном покрове. Кроме того, подчёркивается, что «сформировать нерегулярную сеть мониторинга могут местные специалисты, которые обладают соответствующей атрибутивно-картографической информацией в детальном масштабе». Именно этими принципами руководствовались при заложении площадок мониторинга во время проведения ИЭИ для проекта строительства объекта. Часть площадок мониторинга почв Экотехнопарка «Мирный» целесообразно разместить в СЗЗ создаваемого объекта (в радиусе 1 км), а также на участках за её пределами (в соответствии с розой ветров и особенностями рельефа местности). Сеть включает 14 площадок мониторинга, расположенных на разном удалении и в разных направлениях от объекта, заложенных в различных биогеоценозах (рис., см. цв. вкладку I). Согласно п. 4.2 ГОСТ 17.4.4.02-2017 на территории, подлежащей контролю, при необходимости в зависимости от целей исследования проводят рекогносцировочные выезды. По данным рекогносцировочного выезда и на основании имеющейся документации заполняют паспорт обследуемого участка.

При организации мониторинга объекта следует использовать материалы ИЭИ и ОВОС,

в которых представлены экологические паспорта всех обследованных участков, во время рекогносцировочного выезда в них вносится дополнительная информация о современном состоянии природного комплекса на выбранных участках сети мониторинга. Отбор индивидуальных проб почвы и составление смешанного почвенного образца на каждой площадке осуществляется по ГОСТ 17.4.4.02, в котором указано, что «для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами (нефть, нефтепродукты, тяжёлые металлы и др.) точечные пробы отбирают полойкой с глубины 0–5 и 5–20 см массой не более 200 г каждая. Для контроля загрязнения легко мигрирующими веществами точечные пробы отбирают по генетическим горизонтам на всю глубину почвенного профиля». В то же время, в ГОСТ 17.4.3.01 отмечается необходимость учитывать «вертикальную структуру, неоднородности покрова почвы, рельефа и климата местности, а также ... особенности загрязняющих веществ или организмов». И далее «пробы отбирают по профилю из почвенных горизонтов или слоёв с таким расчётом, чтобы в каждом случае проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоёв данного типа почвы».

Если принимать во внимание генетические особенности почв вокруг строящегося технопарка, то следует учитывать, что в наиболее распространённых подзолистых песчаных и супесчаных почвах верхние 20 см профиля охватывают подстилку, маломощный подзолистый горизонт и часть иллювиальной толщи – слои, совершенно разные по природе, составу и свойствам. В понижениях, где мощность подстилки и осветлённого горизонта значительно больше, иллювиальный горизонт залегает гораздо глубже. По нашему мнению, в лесах таёжной зоны следует руководствоваться принципами генетической однородности горизонтов профиля и отбирать пробы из подстилки, середины (или на всю мощность) подзолистого и из иллювиального горизонтов, независимо от глубины их залегания. Подобные рекомендации для подзолов даны в работе [6]. В старопахотных почвах, распространённых к востоку от объекта, за время пребывания в стадии заброшенной пашни в пределах 25–30 см толщи прежде однородный пахотный горизонт разделится на современный гумусовый и остаточный старопахотный (нередко с признаками оподзоливания). В этом случае также есть смысл отбирать пробы с разных

Таблица / Table

Показатели, рекомендуемые для оценки состояния почв Экотехнопарка «Мирный»
Indicators recommended for assessing the soil condition at the Mirny Ecotechnopark

Показатели, определяемые при анализе проб почв и грунтов Indicators determined by analyzing soil and ground samples	Метод исследования Research method
рН водной вытяжки pH of aqueous extract	МИ № 88-17641-004-2018, ГОСТ 26423 MI No. 88-17641-004-2018, GOST 26423
рН солевой вытяжки pH of salt extract	МИ № 88-17641-005-2018, ГОСТ 26483 MI No. 88-17641-005-2018, GOST 26483
Органическое вещество Organic matter	МИ № 88-17641-004-2016, ГОСТ 26219 MI No. 88-17641-004-2016, GOST 26219
Нитраты (азот нитратов) Nitrates (nitrate nitrogen)	МИ № 88-17641-002-2018, ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.67-10, ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.51-08 MI No. 88-17641-002-2018, PND F 16.1:2:2:2:3.67-10, PND F 16.1:2:2:2:3.51-08
Азот аммонийный Ammonia nitrogen	МИ 88-17641-003-2018 (ФР.1.31.2018.20608) MI 88-17641-003-2018 (FR.1.31.2018.20608)
Цианиды / Cyanide	ФР.1.31.2017.27246 (М 4-17) FR.1.31.2017.27246 (M 4-17)
Диоксины / Dioxins	РД 52.18.578 / RD 52.18.578
Фенолы / Phenols	МИ № 88-17641-003-2016 MI No. 88-17641-003-2016
ПАУ (бенз(а)пирен) РАН (benz(a)pyrene)	ПНД Ф 16.1:2:2:2:3:3.39-2003 PND F 16.1:2:2:2:3:3.39-2003
ПХБ / Polychlorinated biphenyls	ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.61-09 PND F 16.1:2:2:2:3.61-09
Ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол) / Aromatic hydrocarbons (benzene, toluene, xylene)	ПНД Ф 16.1:2:2:2:3:3.79-13 PND F 16.1:2:2:2:3:3.79-13
Нефтепродукты / Petroleum products	ПНД Ф 16.1:2.21, ПНД Ф 16.1:2:2:2:2:3:3.64-10 PND F 16.1:2.21, PND F 16.1:2:2:2:2:3:3.64-10
Свинец подвижный / Lead mobile	ПНД Ф 16.1:2.3:3.50, ФР.1.31.2018.31189 PND F 16.1:2.3:3.50, FR.1.31.2018.31189
Никель подвижный / Nickel mobile	
Цинк подвижный / Zink mobile	
Медь подвижная / Copper mobile	
Кадмий подвижный / Cadmium mobile	
Фосфор подвижный Phosphorus mobile	ГОСТ Р 54650 / GOST R 54650
Фториды (фтор подвижный) Fluorides (fluorine mobile)	МУ по определению содержания подвижного фтора в почвах ионметрическим методом. М.: Минсельхоз России, 1993. 8 с. / Guidelines for determining the content of mobile fluorine in soils using the ionometric method. Moscow: Ministry of Agriculture of Russia, 1993. 8 p.
Хлориды / Chlorides	МИ №88-17641-005-2016 (ФР.1.31.2016.23500) MI No. 88-17641-005-2016 (FR.1.31.2016.23500)

Показатели, определяемые при анализе проб почв и грунтов Indicators determined by analyzing soil and ground samples	Метод исследования Research method
Сульфаты / Sulfates	МИ №88-17641-001-2018 (ФР.1.31.2018.30612) MI No. 88-17641-001-2018 (FR.1.31.2018.30612)
Элементный состав почв (в том числе тяжёлые металлы, сера), массовая доля (железо, кадмий, марганец, медь, мышьяк, никель, свинец, сера, фосфор, хром, цинк, ванадий, кобальт, олово, вольфрам, молибден, сурьма, стронций, барий) Elemental composition of soils (including heavy metals, sulfur), mass fraction (iron, cadmium, manganese, copper, arsenic, nickel, lead, sulfur, phosphorus, chromium, zinc, vanadium, cobalt, tin, tungsten, molybdenum, antimony, strontium, barium)	ПНД Ф 16.1:2.3:3.11, Химические испытания, физико-химические испытания, атомно-эмиссионный спектрометрический PND F 16.1:2.3:3.11, Chemical tests, physical and chemical tests, atomic emission spectrometry
Ртуть / Mercury	Массовая доля ртути (Hg) ПНД Ф 16.1:2.23 Mercury mass fraction (Hg) PND F 16.1:2.23
Токсичность почв и донных отложений Toxicity of soils and sediments	ФР.1.39.2007.03222.2007 биотестирование (дафнии) FR.1.39.2007.03222.2007 bioassay (daphnia)
	ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04.2010 биотестирование (тест-система Эколюм) / PND F T 14.1:2:3:4.11-04.2010 bioassay (Ecolum test system)

глубин (например, 0–10 и 15–25 см). Перед отбором проб рекомендуется обратиться к ИЭИ, в материалах которых, согласно п. 4.29 СП 11-102-97, представлены результаты анализа проб, отобранных на разную глубину (интервалы глубин 0–0,2; 0,2–0,5; 0,5–1,0 м и далее не реже, чем через 1,0 м). Отбирать пробы в глубоких слоях почвы целесообразно при наличии загрязнения в верхней части профиля. Но при выявленном загрязнении грунтовых вод в гидроморфных и полугидроморфных почвах следует отобрать пробы из оглеенных горизонтов нижней части профиля.

При оценке состояния почв руководствуются информацией о фоновых значениях показателей мониторинга и ПДК (ОДК) загрязняющих веществ. Вопросы установления фоновых концентраций, связанные с этой проблемой и противоречия широко обсуждаются в литературе [10, 11]. Эти вопросы актуальны и для почв Кировской области [12], в песчаных и супесчаных разновидностях которых, например, фоновые концентрации Zn и особенно Ni [13] выше ОДК. По рекомендациям, изложенным в работе [6], фоновые участки должны находиться вне зоны воздействия источника загрязнения на расстоянии не менее 10–15 км. Все участки должны обладать сходными характеристиками состава и свойств

почв, природных вод и растительного покрова. Учитывая разнообразие почв и растительности в окрестностях Экотехнопарка «Мирный», выбрать фоновые площадки для каждого биогеоценоза, представленного на участках мониторинга, практически невозможно. Поэтому обследование почв и растительности на участках сети мониторинга до начала работы создаваемого объекта предлагается рассматривать как фоновое. Такой подход оправдан и тем обстоятельством, что на территории остались следы деятельности (нарушенный почвенный покров, повышенное содержание загрязняющих веществ в почвах) ОХУХО. Таким образом, предлагается провести не рекогносцировочное, а фоновое обследование, рассматривая как «фоновое» первоначальное состояние экосистем до начала воздействия создаваемого объекта. Подобным образом, т. е. по результатам первого тура обследования («мониторинга»), оценивают фоновое состояние территории в ряде стран, где не проводятся регулярные наблюдения в заповедниках, а об антропогенном воздействии на почвы судят по аккумулятивной тенденции в содержании загрязняющих веществ [9]. По сути, по результатам обследования почв до начала функционирования Экотехнопарка «Мирный» оценивается природно-антропогенный

фон (ПАФ) [10], учитывающий региональные природные условия и уровень антропогенного воздействия, связанный с конкретным видом хозяйственного использования земель. В принципе, это состояние оценивалось при проведении ИЭИ, и сведения, которые представлены в них, могут стать основой для проведения мониторинга воздействия создаваемого объекта на окружающую среду. Необходимость фоновое обследование непосредственно перед началом работы объекта обусловлена длительностью периода репрофилирования (ИЭИ выполнены в 2019 г.) и, в связи с этим, неактуальностью некоторых данных по состоянию почв и водных объектов. Согласно СП 47-13330-2016, возможность использования результатов ИЭИ по почвам ограничивается 5 годами на незастроенных территориях и 2 – на освоенных, для подземных и поверхностных вод – 3 и 2 годами соответственно.

Перечень показателей мониторинга почв и регламент контроля могут корректироваться в связи с изменением номенклатуры утилизируемых отходов и технологии их переработки. На начальном этапе мониторинга (условно фоновое обследование) рекомендуется использовать полный перечень показателей, причём они должны быть определены на всех участках сети. В последующем должны контролироваться вещества, содержащиеся в выбросах на данном этапе работ, а также загрязняющие вещества, выявленные по результатам прошлой деятельности объекта. Если выбрасываемые вещества будут обнаружены в значимых количествах в верхних слоях почв, то необходимо увеличить количество проб за счёт нижних горизонтов, чтобы определить глубину распространения загрязнения. Частота отбора проб на участках мониторинга также может варьировать в зависимости от розы ветров и функциональности территории. На селитебной территории она должна быть выше. Таким образом, рекомендуется ежегодное обследование верхних горизонтов профиля (мощностью примерно 0–20 см: подстилка и подзолистый горизонт в подзолах и подзолистых почвах, гумусовый горизонт в дерново-подзолистых старопашотных) на содержание специфических загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу за прошедший период времени согласно технологии переработки отходов, и на pH; раз в десять лет – на содержание веществ, унаследованных после деятельности бывшего ОХУХО, и на содержание органического вещества.

Заключение

Система мониторинга почв вокруг Эко-технопарка «Мирный», создаваемого на базе ОХУХО «Марадыковский» в Кировской области, должна основываться на имеющихся материалах о состоянии почвенного покрова и почв (ИЭИ, ОВОС). Перечень показателей мониторинга почв рекомендован с учётом списка приоритетных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух в процессе утилизации и обезвреживания отходов, и должен корректироваться согласно изменению технологического процесса и состава выбросов, а также в соответствии с результатами исследования снежного покрова. Сеть мониторинга включает 14 участков в разных биоценозах, заложенных в рамках единой сети экологического мониторинга Эко-технопарка «Мирный» с учётом розы ветров и особенностей рельефа.

Для оценки современного состояния почв целесообразно перед началом работы ПТК провести обследование почв с определением всех показателей, отражающих их исходное состояние, рассматривая значения этих показателей как фоновые для почв вокруг создаваемого предприятия по утилизации и обезвреживанию отходов. Глубина отбора почвенных образцов при ежегодном обследовании может ограничиваться верхними горизонтами почв, но при выявлении загрязнения необходимо определять мощность загрязнённого слоя, увеличивая количество проб за счёт нижележащих горизонтов.

Предложенные подходы и методы к организации экологического мониторинга почв могут быть использованы при разработке программы экологического мониторинга объектов по утилизации, обезвреживанию и переработке отходов I и II классов опасности, создаваемых в ряде регионов России.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 122040100032-5.

Литература

1. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.
2. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М.: Академический проект, 2007. 237 с.

3. Корольков М.В., Мажуга Ф.Г. Основы государственной политики Российской Федерации по созданию новой отрасли переработки промышленных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 6–12. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-006-012

4. Ашихмина Т.Я., Кантор Г.Я., Тимонов А.С., Домнина Е.А., Дабах Е.В., Сырчина Н.В., Кондакова Л.В., Кутявина Т.И., Скугорева С.Г., Огородникова С.Ю., Рутман В.В., Кузнецов Д.А. Мониторинг атмосферного воздуха в районе предприятий по утилизации опасных промышленных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 1. С. 38–46. doi: 10.25750/1995-4301-2023-1-038-046

5. География Кировской области: атлас-книга / под ред. Е.А. Колеватых. Киров: Кир. обл. тип., 2015. 80 с.

6. Гришина Л.А., Копцик Г.Н., Моргун Л.В. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. М.: Изд-во МГУ, 1991. 82 с.

7. Кудрявцева Г.А., Мир-КадYROва Е.Я., Калинин Г.А., Бродский Е.С. Характер загрязнения диоксинами почвы вблизи мест захоронения твёрдых бытовых отходов // Почвоведение. 2021. № 8. С. 957–968. doi: 10.31857/S0032180X21080128

8. Kashulina G., Reimann C. Sulphur in the arctic environment (1): results of a catchment-based multi-medium study // Environmental Pollution. 2001. V. 114. No. 1. P. 3–19. doi: 10.1016/S0269-7491(00)00206-2

9. Медведев В.В., Лактионова Т.Н. Анализ опыта Европейских стран в проведении мониторинга (обзор) // Почвоведение. 2012. № 1. С. 106–114.

10. Яковлев А.С. Вопросы экологического нормирования и установления фоновых значений свойств почв природных и природно-антропогенных объектов // Почвоведение. 2022. № 2. С. 252–260. doi: 10.31857/S0032180X22020149

11. Иванов Д.В. Фоновое содержание загрязняющих веществ как мера нормирования качества природных сред (обзор) // Российский журнал прикладной экологии. 2021. № 4. С. 55–66. doi: 10.24852/2411-7374.2021.4.55.66

12. Дабах Е.В. О выборе фоновых почв при организации мониторинга экологически опасных объектов // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XXI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров: Вятский государственный университет, 2023. С. 150–153.

13. Эколого-геохимическая карта почв Кировской области. СПб: ВСЕГЕИ, 1996.

References

1. Izrael Yu.A. Ecology and environmental monitoring. Moskva: Gidrometeoizdat, 1984. 560 p. (in Russian).

2. Motuzova G.V., Bezuglova O.S. Environmental monitoring of soils. Moskva: Akademicheskiy proyekt, 2007. 237 p. (in Russian).

3. Korolkov M.V., Mazhuga A.G. Fundamentals of the state policy of the Russian Federation to create of a new industry for industrial waste processing // Theoretical and Applied Ecology. 2020. No. 4. P. 6–12 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-006-012

4. Ashikhmina T.Ya., Kantor G.Ya., Timonov A.S., Domnina E.A., Dabakh E.V., Syrchina N.V., Kondakova L.V., Kutyavina T.I., Skugoreva S.G., Ogorodnikova S.Yu., Rutman V.V., Kuznetsov D.A. Atmospheric air monitoring in the area of enterprises for disposal of hazardous industrial waste // Theoretical and Applied Ecology. 2023. No. 1. P. 38–46 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2023-1-038-046

5. Geography of the Kirov region. Atlas book / Ed. E.A. Kolevatykh. Kirov: Kirovskaya oblastnaya tipografiya, 2015. 80 p. (in Russian).

6. Grishina L.A., Koptsik G.N., Morgun L.V. Organization and conduct of soil research for environmental monitoring. Moskva: Izd-vo MGU, 1991. 82 p. (in Russian).

7. Kudryavtseva G.A., Mir-Kadyrova E.Ya., Kalinkevich G.A., Brodskii E.S. The nature of soil dioxin contamination near former landfills // Pochvovedenie. 2021. No. 8. P. 957–968 (in Russian). doi: 10.31857/S0032180X21080128

8. Kashulina G., Reimann C. Sulphur in the arctic environment (1): results of a catchment-based multi-medium study // Environmental Pollution. 2001. V. 114. No. 1. P. 3–19. doi: 10.1016/S0269-7491(00)00206-2

9. Medvedev V.V., Laktionova T.N. Analysis of the experience of European countries in soil monitoring (review) // Pochvovedenie. 2012. No. 1. P. 106–114 (in Russian).

10. Yakovlev A.S. Issues of ecological regulation and establishment of background values of soils of natural and natural anthropogenic objects // Pochvovedenie. 2022. No. 2. P. 252–260 (in Russian). doi: 10.31857/S0032180X22020149

11. Ivanov D.V. Background concentrations as a measure for regulating the environment quality (review) // Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii. 2021. No. 4. P. 55–66 (in Russian). doi: 10.24852/2411-7374.2021.4.55.66

12. Dabakh E.V. On the selection of background soils when organizing monitoring of environmentally hazardous objects // Biodiagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems: materialy XXI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Kirov: Vyatskiy gosudarstvennyy universitet, 2023. P. 150–153 (in Russian).

13. Ecological-geochemical map of soils in the Kirov region. Sankt-Peterburg: VSEGEI, 1996. (in Russian).