

УДК 303.732.4:614.8

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-94-102

Влияние процесса миграции загрязняющих веществ на экологическую обстановку в зоне влияния химически опасного объекта

Р. А. Галиакберов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;
Ижевский нефтяной научный центр, Ижевск, Россия

И. М. Янников, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
В. А. Алексеев, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
М. В. Ершова, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Статья посвящена вопросам контроля состояния окружающей среды в зоне влияния химически опасных объектов на примере системы экологического мониторинга объекта хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО) в г. Камбарке Удмуртской Республики. Из всех составляющих: систем производственного контроля и объектового мониторинга, экологического мониторинга окружающей среды и мониторинга здоровья, – наибольшей по площади и наиболее сложной для контроля является окружающая среда в зоне влияния ОХУХО. Именно здесь в силу больших площадей наблюдается выраженный процесс миграции загрязняющих веществ на значительные расстояния.

Показано важное значение системы расстановки точек пробоотбора на топографической карте местности в районе размещения ОХУХО с целью учета процесса миграции загрязняющих веществ. Вертикальная и горизонтальная миграция загрязняющих веществ способна приводить к появлению неочевидных локальных участков скопления загрязняющих веществ как в пределах, так и за пределами зоны влияния ОХУХО.

Приведено решение задачи моделирования процесса миграции на условно выбранном участке территории в пределах зоны влияния объекта, для показа влияния, которое миграция загрязняющих веществ оказывает на динамику изменения экологической обстановки в зоне ОХУХО. Доказано, что на рассматриваемом участке будет находиться значительное количество загрязняющего вещества, которое, при условии дальнейшего испарения дождевых стоков, останется на данной территории. Это говорит о неизбежности появления на территории в зоне влияния ОХУХО локальных участков скопления загрязняющих веществ с превышением допустимых нормативов их концентрации, что требует пересмотра системы расстановки точек пробоотбора с учетом применения методов моделирования процессов миграции.

Обоснована необходимость динамических наблюдений на отдельных участках местности, подобранных с учетом результатов анализа путей миграции загрязняющих веществ во всей зоне влияния ОХУХО, для оценки степени воздействия ОХУХО на окружающую среду.

Ключевые слова: химически опасные объекты, точки пробоотбора, мониторинг, загрязняющие вещества, вертикальная и горизонтальная миграция, развитие экологической обстановки.

Введение

Ратификация Российской Федерацией Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении (Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. Заключена в г. Париже 13.01.1993 г. (с изменениями от 07.06.2020 г.)), повлекшая за собой начало масштабных работ по подготовке и уничтожению большого количества его запасов, одновременно повлекла за собой стремительное развитие систем обеспечения безопасности химически опасных объектов (ХОО) как для населения, проживающего в зонах влияния (ЗВ) подобных объектов, так и для окружающей природной среды (ОС).

Наряду с этим закрепленные законодательно основные принципы проведения процесса уничтожения химического оружия, заключающиеся в приоритетности сохранения жизни и здоровья населения и ОС, обязательности разработки и внедрения систем мониторинга, а также обязательности научного сопровождения (Постановление Правительства РФ от 21 марта 1996 г. № 305 «Об утверждении федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (с изменениями от 16.10.2018 г.)), привели к разворачиванию масштабных работ различных научных институтов по созданию на базе объектов хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО) систем мониторинга за состоянием ОС, здоровьем персонала и населения для всех

химически опасных, а также других опасных производственных объектов.

При этом в системе обеспечения безопасности ОХУХО системы мониторинга необходимо рассматривать в качестве основного инструмента по получению информации о текущем состоянии ОС, состоянии здоровья персонала и населения. Системы обеспечения безопасности, опирающиеся на информацию, получаемую от систем мониторинга, не могут существовать в отрыве от них.

С окончанием работ по утилизации химического оружия, а также исходя из перспектив дальнейшего вовлечения бывших ОХУХО в хозяйственный оборот страны [1] актуальность работ по дальнейшему совершенствованию систем обеспечения безопасности и, как следствие, систем мониторинга не только не утратилась, но и возросла.

Необходимость проведения реабилитационных работ, а также специфика предприятий, организуемых на месте ОХУХО, диктуют необходимость продолжения выполнения работ по наблюдению за состоянием ОС, жизнью и здоровьем персонала и населения в ЗВ с целью поддержания их устойчивого состояния и дальнейшего развития [2–4].

Развернутые работы по созданию и внедрению новых способов организации мониторинга за состоянием ОС, жизнью и здоровьем персонала и населения привели к появлению системы комплексного экологического мониторинга (КЭМ) ОХУХО, отличительной чертой которой является то, что она представляет собой совокупность систем производственного контроля и объектового мониторинга, экологического мониторинга ОС и мониторинга здоровья, различающихся по своим ведомственным задачам.

Подобный подход позволяет каждой из взаимодействующих систем не только выполнять свойственные исключительно ей задачи мониторинга, но и осуществлять контроль и исследования совместно с другими системами, придавая таким образом комплексный характер оценки объекту (рис. 1).

Из всех трех составляющих наибольшей по площади, а следовательно, и наиболее сложной для контроля является ОС в ЗВ ОХУХО. Наиболее ярко выраженный процесс миграции загрязняющих веществ на значительные расстояния, в силу больших площадей, делает данную составляющую КЭМ ОХУХО наиболее интересной для изучения. На данный момент в этом направлении ведется активная работа [5–10].



Рис. 1. Схема взаимодействия систем в рамках КЭМ ОХУХО (по Т. Я. Ашихминой)
* – санитарно-защитная зона,
** – зона защитных мероприятий

Fig. 1. Scheme of interaction of systems within the framework of KEM OKHUHO (According to T. Ya Ashikhmina)
* – sanitary protection zone,
** – zone of protective measures

Анализ системы экологического мониторинга на ОХУХО «Камбарка»

Согласно отчетам об обеспечении проведения экологического мониторинга в районе расположения Объекта в г. Камбарке Удмуртской Республики за I и II полугодия 2012 и 2013 гг., экологический мониторинг проводился по следующим направлениям (отчеты «Обеспечение проведения государственного экологического мониторинга в районе расположения объекта в г. Камбарке Удмуртской Республики в 1-м и 2-м полугодиях 2012 и 2013 гг.»):

1. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха.
2. Мониторинг загрязнения поверхностной природной воды.
3. Мониторинг загрязнения почв и снежного покрова.
4. Мониторинг загрязнений водных отложений.
5. Мониторинг подземных и грунтовых вод.

Как известно, в основе системы экологического мониторинга ОХУХО лежит показатель предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязняющего вещества в том или ином компоненте ОС.

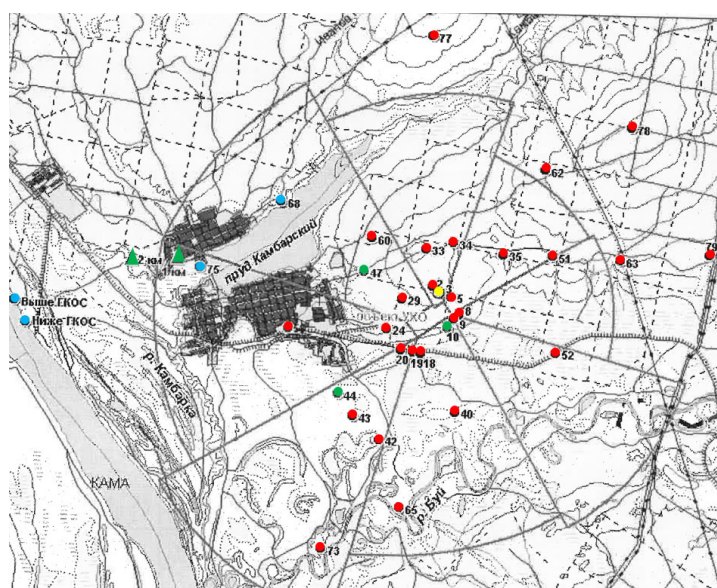
Однако, как было неоднократно доказано, в том числе и авторами данной статьи, еще в

ходе процесса по уничтожению химического оружия (Организация и ведение биомониторинга потенциально химически опасных объектов с применением идентификационных полигонов / [И.М. Янников и др.] ; под общ. ред. В.А. Алексеева. Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2013. 160 с.) и др. работах [11–13], показатель ПДК сам по себе в отрыве от других показателей, не является истинной характеристикой устойчивости ОС к воздействию, оказываемому на нее деятельностью ОХУХО.

Кроме того, исходя из того, что система экологического мониторинга ОС в пределах ЗВ ОХУХО целиком и полностью строится на основе данных, получаемых по результатам

проведения анализа проб (превышение / не превышение ПДК), отобранных в различных компонентах ОС (атмосферный воздух, почвенный покров, грунтовые воды, донные отложения, снежный покров), основным показателем, который оказывает ключевое влияние на результаты проведения подобного мониторинга, является система расстановки точек пробоотбора.

Согласно информации, представленной в отчетах о выполнении экологического мониторинга на ОХУХО «Камбарка» за первое и второе полугодия 2012 и 2013 годов, схема расстановки точек пробоотбора выглядела следующим образом (рис. 2).



- ▲ – площадка отбора проб воздуха
- – площадка отбора проб воды природной подземной;
- – площадка отбора проб воды природной поверхностной;
- – площадка отбора проб почвы;
- – площадка отбора проб почвы и воздуха

Рис. 2. Система расстановки точек пробоотбора на ОХУХО «Камбарка» (отчет по ГЭМ 2012–2013 гг.)

Fig. 2. System for arranging sampling points at the Kambarka waste disposal facility (report on GEM 2012–2013)

Как видно из схемы, в рамках проведения экологического мониторинга отбиралось большое количество проб из различных компонентов ОС. При этом, если обратить внимание на топографические характеристики района размещения данного ОХУХО, возникает вопрос учета явления вертикальной и горизонтальной миграции загрязняющих веществ по территории в процессе расстановки точек пробоотбора.

В частности, если рассмотреть систему расстановки точек пробоотбора на топографической карте местности в районе размещения ОХУХО (рис. 3), становится очевидным, что влияние процесса миграции загрязняющих веществ на систему расстановки точек пробоотбора практически не учитывается.

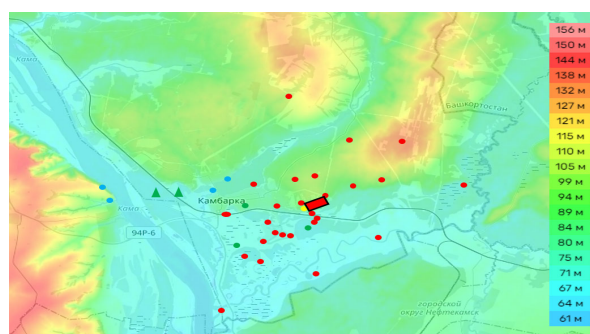


Рис. 3. Система расстановки точек пробоотбора на ОХУХО «Камбарка» на топографической карте (отчет ГЭМ 2012–2013 гг.)

Fig. 3. System for placing sampling points at the Kambarka chemical waste disposal facility on a topographic map (GEM report 2012–2013)

Между тем данный процесс имеет колоссальное значение. К примеру, при рассмотрении одной из составляющих, в которой миграция происходит быстрее всего, а именно атмосферного воздуха, то в этом вопросе речь идет не столько о рассеивании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и, соответственно, эффективности работы систем очистки самого ОХУХО, но и о таком малоочевидном способе миграции, как поглощение загрязняющих веществ из атмосферы с помощью осадков и их перемещение из одной составляющей ОС в другую (почвы, грунтовые воды, донные отложения и т. д.).

При всей сложности прогнозирования подобных процессов такой вид миграции загрязняющих веществ, тем не менее, способен приводить к появлению неочевидных локальных участков скопления загрязняющих веществ как в пределах, так и за пределами ЗВ

ОХУХО, которые могут быть упущены при стандартной схеме расстановки точек пробоотбора и, таким образом, снижают точность и достоверность получаемых данных о текущем состоянии и динамике развития экологической обстановки на территории ЗВ ОХУХО.

Влияние миграции на динамику развития экологической обстановки

Масштабность влияния, которое миграция загрязняющих веществ оказывает на динамику изменения экологической обстановки в ЗВ ОХУХО, наглядно демонстрируется путем решения простой задачи моделирования данного процесса на условно выбранном участке территории в пределах ЗВ ОХУХО.

Задача. Имеется участок территории (рис. 4) в пределах ЗВ ОХУХО с определенными характеристиками размеров и концентрации загрязняющего вещества (мышьяк) в объеме этого участка.



Рис. 4. Расположение ОХУХО «Камбарка» и рассматриваемого участка территории

Fig. 4. Location of the Kambarka chemical storage facility and the area in question

необходимо определить количество вещества, которое будет поглощено из данного объема при прохождении на этом участке определенного количества осадков (дождя), а также концен-

трацию поглощенного загрязняющего вещества в выпавшем объеме осадков.

Исходные данные с примечаниями представлены в таблице.

Характеристика выбранного участка территории

Characteristics of the selected area of the territory

Показатель	Значение
Длина, X (м)	50
Ширина, Y (м)	50
Концентрация мышьяка ¹ , $n_{\text{воздух}}$ (мг/м ³)	5×10^{-5}
Количество выпавших осадков (дождь) ² , I (мм)	3

¹ Взято значение из отчетов о выполнении экологического мониторинга на ОХУХО «Камбарка» за первое и второе полугодия 2012 года.
² Взято значение для умеренного дождя на территории УР [14].*

* Руководящий документ. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. РД 52.27.724-2009. Обнинск, 2009. 50 с.

Решение задачи. Решение подобной задачи необходимо начинать с оценки рассматриваемого участка. Для вычисления количества вещества, которое будет поглощено из указанного объема, необходимо, помимо заданных боковых ограничивающих объем плоскостей, задание ограничивающих плоскостей снизу и сверху. Поскольку речь идет о поглощении загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу ОХУХО, то за условную грань сверху примем высоту выброса загрязняющих веществ в атмосферу (высота трубы, из которой происходит выброс (30 м для ОХУХО «Камбарка») с учетом подъема загрязняющего вещества), равную 40 м над земной поверхностью. Таким образом мы получаем своеобразный многогранник над поверхностью земли (рис. 5).

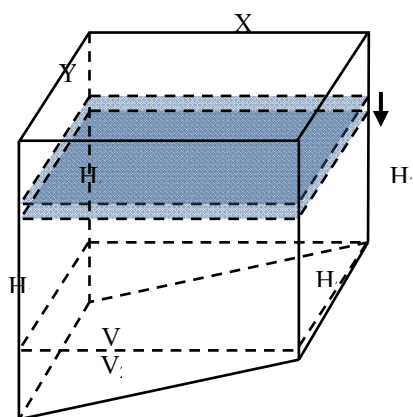


Рис. 5. Участок территории, ограниченный условиями задачи

Fig. 5. Area of territory limited by the conditions of the problem

Для задания плоскости, ограничивающей указанный многогранник снизу, необходимо вычисление высоты каждого бокового ребра (H_1 , H_2 , H_3 , H_4). Согласно топографическим картам (рис. 3), эти высоты приближенно равны:

- $H_1 = 43$ м;
- $H_2 = 42$ м;
- $H_3 = 40$ м;
- $H_4 = 42$ м.

Для проведения расчетов количества вещества, которое будет поглощено осадками из атмосферы, необходимо понимание природы данного процесса. Согласно источникам, если рассматривать единичную каплю дождя, то на поле течения воздуха в ее близи, вследствие размеров частиц загрязняющего вещества в атмосфере, не оказывают влияния соседние капли. Поэтому совокупность дождевых капель можно представить как систему изолированных сферических препятствий, образующих фильтрующую среду для улавливания загрязняющего вещества (слой осадков (дождя) на рис. 5) [15].

В этих условиях эффективность поглощения загрязняющих веществ осадками оценивается с помощью коэффициента вымывания Λ , причем данный коэффициент зависит от большого количества факторов и параметров, таких как размеры частиц загрязняющего вещества, интенсивность дождя, климатические параметры ОС в конкретный момент времени. Подобные вычисления требуют проведения расчетов большого объема, при этом высокая точность для решения указанной задачи не требуется, в связи с чем принято, что указанный объем осадков (дождя), при прохождении через объем ограниченного условиями многогранника, захватит 80 % всего загрязняющего вещества.

Исходя из заданных условий, а также принимая во внимание остальные условия, вычислим объем многогранника:

$$V_1 = H_3 \times X \times Y = 40 \times 50 \times 50 = 100000 (\text{м}^3),$$

$$V_2 = ((H_1 - H_3) \times X \times Y) \div 2 = (3 \times 50 \times 50) \div 2 = 3750 (\text{м}^3),$$

$$V_{\text{много-ка}} = V_1 + V_2 = 100000 + 3750 = 103750 (\text{м}^3).$$

Исходя из концентрации загрязняющего вещества, принятой по условиям задачи 5×10^{-5} мг/м³, вычислим количество загрязняющего вещества $N_{в-ва}$, которое находится в объеме многогранника:

$$N_{в-ва} = V_{\text{много-ка}} \times n_{\text{воздух}} = 103750 \times 5 \times 10^{-5} = 50 (\text{мг}).$$

На основании данных о количестве выпавших осадков (дождя), можно определить суммарное количество воды $V_{ос}$, которое пройдет сквозь объем многогранника, захватывая при этом некоторое количество вещества:

$$V_{ос} = I \times X \times Y = 0,003 \times 50 \times 50 = 7,5 (\text{м}^3).$$

Далее, исходя из принятого условия, что указанный объем осадков, проходя сквозь объем многогранника и являясь при этом фильтрующей средой, захватит 80 % от всего количества загрязняющего вещества, вычислим это количество $N_{захв}$, а также найдем концентрацию поглощенного загрязняющего вещества в выпавшем объеме осадков (дождя) $n_{осад}$:

$$N_{захв} = (N_{в-ва} \div 100) \times 80 = (50 \div 100) \times 80 = 40 (\text{мг}),$$

$$n_{осад} = N_{захв} \div V_{ос} = 40 \div 7,5 = 5,3 \left(\frac{\text{мг}}{\text{м}^3} \right) = 0,005 \left(\frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \right).$$

Таким образом, мы имеем, что при прохождении на условном участке размерами 50×50 м² мм осадков происходит аккумуляция 40 мг загрязняющего вещества в $7,5$ м³ воды. Концентрация загрязняющего вещества при этом составляет $0,005$ мг/дм³.

Если принять во внимание, что указанный объем воды не существует в отрыве от других участков территории и будет перемещаться на другие участки в соответствии с путями общего стока дождевых вод с территории, можно говорить о том, что указанный объем загрязняющего вещества будет мигрировать в соответствии с этими путями. В конечном итоге, при подобных условиях, весь объем дождевых стоков будет собираться в определенном локальном участке понижения рельефа, захватывая при этом указанный объем загрязняющего вещества. Если рассмотреть, что указанный объем воды будет собран на представленном участке, а также в объем данного участка будет перемещаться дождевой сток с аналогичных участков территории, граничащих с рассмотренным (8 участков, окружающих рассмотренный участок), то мы получим объем дождевых осадков ($V_{ос.об}$) в количестве:

$$V_{ос.об} = V_{ос} \times \text{Количество участков} = 7,5 \times 9 = 67,5 (\text{м}^3).$$

При этом в данном объеме будет сосредоточено загрязняющее вещество в количестве ($N_{захв.общ}$):

$$N_{захв.общ} = N_{захв} \times \text{Количество участков} = 40 \times 9 = 360 (\text{мг}).$$

Таким образом, на рассматриваемом участке размерами 50×50 м будет находиться не 40 мг, а 360 мг загрязняющего вещества, которое, при условии дальнейшего испарения дождевых стоков, останется на данной территории, что говорит о неизбежности появления на территории ОС в ЗВ ОХУХО локальных участков скопления загрязняющих веществ с превышением допустимых нормативов их концентрации, что требует пересмотра системы расстановки точек пробоотбора с учетом применения методов моделирования процессов миграции.

Анализ результатов проведенных расчетов

Как мы видим, в процессе выпадения осадков ими производится поглощение определенного количества загрязняющих веществ из атмосферного воздуха и его аккумуляция в выпавшем объеме осадков, причем концентрация загрязняющих веществ, поглощенных определенным количеством осадков (дождя), значительно превышает предельно допустимые концентрации, несмотря на то что общее количество загрязняющего вещества в объеме атмосферного воздуха остается неизменным.

При этом, если анализировать рельеф местности вокруг выбранного участка территории, для которого проведен расчет, можно увидеть понижение или повышение высоты рельефа в различных направлениях. Это говорит о том, что выпавший объем осадков, в зависимости от типов грунтов подстилающей поверхности, может как остаться на месте выпадения, впитавшись в грунт, так и переместиться в места понижения рельефа, унося с собой некоторое количество захваченного загрязняющего вещества и, таким образом, еще сильнее повышая его концентрацию.

Таким образом, на территории ЗВ ОХУХО так или иначе должны наблюдаться участки локального скопления загрязняющих веществ, на которых происходит превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ, что говорит о серьезном влиянии на развитие экологической обстановки в ЗВ ОХУХО.

Выводы

Проведенный анализ говорит о том, что существующие на сегодняшний день системы экологического мониторинга ОС в пределах ЗВ ОХУХО, которые изначально создавались для обеспечения безопасности ОХУХО, а ныне используются на большинстве химически опасных и других потенциально опасных объектах, были

апробированы в процессе деятельности заводов по уничтожению химического оружия и показали свою высокую эффективность работы. Отбор проб на составляющих ОС с последующим их анализом не выявил превышений предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ, сделаны выводы о высокой устойчивости ОС к работе ОХУХО.

Одновременно с этим результаты проведенных расчетов показывают совершенно противоположную картину. Вертикальная (с осадками) и горизонтальная миграция загрязняющих веществ оказывают колоссальное влияние на развитие экологической обстановки в ЗВ ОХУХО и приводят к возникновению на территории ЗВ ОХУХО локальных очагов скопления загрязняющих веществ с превышением всех предельно допустимых концентраций.

Исходя из этого можно сделать вывод, что опираться исключительно на показатели ПДК в пробах составляющих ОС как минимум не вполне корректно. Для оценки степени влияния ОХУХО на территорию ОС вокруг себя, а также устойчивости ОС к работе ОХУХО необходимо проведение динамических наблюдений на определенных участках местности, подобранных с учетом результатов анализа путей миграции загрязняющих веществ во всей ЗВ химически опасных объектов.

Достоверная оценка способствует принятию более актуальных, оперативных и обоснованных управленческих решений на аналитическом уровне по обеспечению безопасности персонала объекта и населения, проживающего в зоне влияния ХОО.

Библиографические ссылки

1. *Зиновьева О. А.* Реализация стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года // *Вестник Университета имени О. Е. Кутафина.* 2023. № 3 (103). С. 139–147.
2. *Кирилов А. А., Тулина А. В., Никитина К. А.* Современные проблемы обеспечения экологической безопасности // *E-Scio.* 2023. № 5 (80). С. 21–27.
3. Мониторинг атмосферного воздуха в районе предприятий по утилизации опасных промышленных отходов / Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор, А. С. Тимонов, Е. В. Дибах, Н. В. Сырчина, Л. В. Кондакова, Т. И. Кутявина, С. Г. Скугорева, С. Ю. Огородникова, В. В. Рутман, Д. А. Кузнецов // *Теоретическая и прикладная экология.* 2023. № 1. С. 38–46.
4. *Ашихмина Т. Я., Кулаков В. Н., Кутявина Т. И.* Методическое обеспечение мониторинга атмосферного воздуха в районе предприятий по обезвреживанию отходов производства // *Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVII Все-российской научно-практической конференции с международным участием.* Киров, 2022. Книга 1. С. 23–27.
5. *Кокоулин А. Н., Май И. В., Загороднов С. Ю.* Алгоритм выбора местоположения постов мониторинга пылевого загрязнения воздуха с использованием портативного анализатора // *Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления.* 2022. № 44. С. 96–117.
6. К новым методам измерения и распознавания микрочастиц пыли в атмосферном воздухе / А. Н. Кокоулин, И. В. Май, С. Ю. Загороднов, А. А. Южаков // *Анализ риска здоровью.* 2023. № 1. С. 36–45.
7. Организация наблюдений за качеством атмосферного воздуха с учетом требований законодательства РФ / С. С. Воронин, Н. Н. Роева, Д. А. Зайцев, В. Д. Рябинкина, А. Г. Хлопаев, И. Р. Хусаинов // *Проблемы региональной экологии.* 2022. № 2. С. 38–42.
8. *Шекихачева Л. З.* Методические подходы к оценке экологического состояния почв // *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова.* 2022. № 1 (35). С. 23–34.
9. *Корженевский Б. И., Коломийцев Н. В., Толкачев Г. Ю.* Особенности мониторинга деградированных земель для оценки перспектив их реабилитации // *Природообустройство.* 2020. № 4. С. 37–43.
10. Определение антропогенного загрязнения по физико-химическим характеристикам талого снега / Е. О. Маркова, Ю. П. Корякина, М. А. Титова, Д. В. Баранова-Федорова // *Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология.* 2023. № 1. С. 51–61.
11. *Янников И. М.* Методы и системы автоматизации обработки результатов биологического мониторинга потенциально опасных объектов : монография. Самара : Изд-во СамНЦ РАН, 2020. 486 с. : ил;
12. *Янников И. М., Телегина М. В., Кузнецов Н. П.* Применение значений удельного фонового содержания загрязнителя в компонентах окружающей среды для оценки ее качества // *Экология промышленного производства.* Вып. 4 (104). М. : Компас, 2018. С. 56–60.
13. *Янников И. М., Галиакберов Р. А.* К вопросу проведения экологического мониторинга в районах перепрофилированных объектов по уничтожению химического оружия // *Экологические проблемы промышленных городов : сборник научных трудов по материалам 10-й Международной научно-практической конференции.* Саратов : Амирит, 2023. С. 107–110.
14. *Шумихина А. В.* Динамика режима осадков в Удмуртской Республике и их связь с индексами атмосферной циркуляции // *Географический вестник.* 2017. № 1 (40). С. 73–85.
15. *Припачкин Д. А., Будыка А. К.* Влияние параметров аэрозольных частиц на их вымывание из атмосферы дождевыми каплями // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана.* 2020. Т. 56, № 2. С. 203–209.

References

1. Zinovieva O.A. [Implementation of the industrial development strategy for processing, recycling and neutralization of production and consumption waste for the period up to 2030]. *Vestnik Universiteta imeni O. E. Kutafina*. 2023. No. 3. Pp. 139-147 (in Russ.).
2. Kirillov A.A., Tulina A.V., Nikitina K.A. [New problems of environmental safety assessment]. *Electronic Science*. 2023. No. 5. Pp. 21-27 (in Russ.).
3. Ashikhmina T.Ya., Kantor G.Ya., Timonov A.S., Dibach E.V., Syrchina N.V., Kondakova L.V., Kutjavina T.I., Skugoreva S.G., Ogorodnikova S.Yu., Rutman V.V., Kuznetsov D.A. [Monitoring of atmospheric air in the area of enterprises for the disposal of hazardous industrial waste]. *Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija*. 2023. No. 1. Pp. 38-46 (in Russ.).
4. Ashikhmina T.Ya., Kulakov V.N., Kutjavina T.I. [Methodological support for atmospheric air monitoring in the area of industrial waste disposal enterprises / T.Ya. Ashikhmina]. *Ecology of the native land: problems and ways to solve them. The authors of the XVII All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Kirov. 2022. Book 1. Pp. 23-27 (in Russ.).
5. Kokoulin A.N., May I.V., Zagorodnov S.Yu. [Algorithm for selecting the location of dust pollution monitoring posts using a portable analyzer]. *Vestnik PNIPU. Jelektrotehnika, informacionnye tehnologii, sistemy upravlenija*. 2022. No. 44. Pp. 96-117 (in Russ.).
6. Kokoulin A.N., May I.V., Zagorodnov S.Yu., Yuzhakov A.A. [On new methods for measuring and recognizing dust microparticles in atmospheric air]. *Analiz riska zdorov'ju*. 2023. No. 1. Pp. 36-45 (in Russ.).
7. Voronin S.S., Roeva N.N., Zaitsev D.A., Ryabinkina V.D., Khlopaev A.G., Khusainov I.R. [Organization of observations of atmospheric air quality taking into account the requirements of the legislation of the Russian Federation]. *Problemy regional'noj jekologii*. 2022. No. 2. Pp. 38-42 (in Russ.).
8. Shekikhacheva L.Z. [Methodological approaches to the assessment of the ecological state of soils]. *Izvestija Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V. M. Kokova*. 2022. No. 1. Pp. 23-34 (in Russ.).
9. Korzhenevsky B.I., Kolomiytsev N.V., Tolkachev G.Y. [Features of monitoring degraded lands to assess the prospects for their rehabilitation]. *Prirodoobustrojstvo*. 2020. No. 4. Pp. 37-43 (in Russ.).
10. Markova E.O., Koryakina Yu.P., Titova M.A., Baranova-Fedorova D.V. [Determination of anthropogenic pollution by physico-chemical characteristics of thawed snow]. *Izv. Sarat. un-ta Nov. ser. Ser. Himija. Biologija. Jekologija*. 2023. No. 1. Pp. 51-61 (in Russ.).
11. Yannikov I.M. *Metody i sistemy avtomatizacii obrabotki rezul'tatov biologicheskogo monitoringa potencial'no opasnyh ob#ektov* [Methods and systems for automating the processing of results of biological monitoring of potentially hazardous objects]. Samara: Publishing house of SamSC RAS, 2020. 486 p. (in Russ.).
12. Yannikov I.M., Telegina M.V., Kuznetsov N.P. [Application of specific background content of pollutants in environmental components to assess its quality]. *Jekologija promyshlennogo proizvodstva*. Issue 4, FSUE "STC OK "Compass", Moscow: 2018. Pp. 56-60 (in Russ.).
13. Yannikov I.M., Galiakberov R.A. *K voprosu provedenija jekologicheskogo monitoringa v rajonah pereprofilirovannyh ob#ektov po unichtozheniju himicheskogo oruzhija* [On the issue of environmental monitoring in areas of repurposed chemical weapons destruction facilities]. *Jekologicheskie problemy promyshlennyh gorodov: sbornik nauchnyh trudov po materialam 10-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Proc. Environmental problems of industrial cities: a collection of scientific papers based on the materials of the 10th International Scientific and Practical Conference]. Saratov: Amirit LLC, 2023. Pp. 107-110 (in Russ.).
14. Shumikhina A.V. [Dynamics of precipitation regime in the Udmurt Republic and their connection with atmospheric circulation indices]. *Geograficheskij vestnik*. 2017. No. 1. Pp. 73-85 (in Russ.).
15. Pripachkin D.A., Budyka A.K. [Influence of parameters of aerosol particles on their leaching from the atmosphere by raindrops]. *Izvestija RAN. Fizika atmosfery i okeana*. 2020. Vol. 56, no. 2. Pp. 203-209 (in Russ.).

* * *

The Effect of Pollutant Migration on the Environmental Situation in the Zone of Chemical Weapon Influence

R. A. Galiakberov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, CJSC «Izhevsk Petroleum Research Center», Izhevsk, Russia

I. M. Yannikov, DSc. in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

V. A. Alekseev, DSc. in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

M.V. Ershova, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

The article is devoted to the issues of monitoring the environment state in the influence zone of chemically hazardous objects on the example of the environmental monitoring system of a chemical weapons storage and destruction facility (CWDF) in the city of Kambarka, Udmurt Republic. Among the components there are: production control systems and site monitoring, environmental monitoring and health monitoring, however, it is environment in the zone of the chemical waste disposal facility influence which has the largest area and is the most difficult to control. Here, due

to large areas, the process of migration of pollutants over considerable distances is observed clearly. The importance of the system for arranging sampling points on the topographic map of the waste disposal facility is shown in order to take into account the process of pollutant migration. Vertical and horizontal migration of pollutants can lead to the emergence of unobvious local areas of pollutant accumulation both within and outside the influence zone of the chemical waste disposal facility. A solution to the problem of migration process modeling on a conditionally selected area of the territory within the facility influence zone is presented to show the effect pollutant migration on the dynamics of the environmental situation within the chemical waste disposal area. It has been proven that within the area under consideration there will be a significant amount of pollutant, which, subject to further evaporation of rainwater runoff, will remain in this area. This indicates the inevitability of the appearance of local areas of pollutant accumulation in the influence zone of chemically-disposable substances in excess of permissible standards for their concentration, which requires a revision of the arranging sampling points system, taking into account the application of migration process modeling methods. The need for dynamic observations in individual sites of the area, selected with respect to the analysis results of the pollutant migration routes within the entire influence zone of the chemically-disposable waste disposal facility, in order to assess the degree of impact of the non-toxic waste disposal facility on the environment, is substantiated.

Keywords: chemically hazardous objects, sampling points, monitoring, pollutants, vertical and horizontal migration, development of the environmental situation.

Получено: 12.04.24

Образец цитирования

Влияние процесса миграции загрязняющих веществ на экологическую обстановку в зоне влияния химически опасного объекта / Р. А. Галиакберов, И. М. Янников, В. А. Алексеев, М. В. Ершова // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 22, № 2. С. 94–102. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-94-102.

For Citation

Galiakberov R.A., Yannikov I.M., Alekseev V.A. Ershova M.V. [The Influence Of The Process Of Migration Of Pollutants On The Environmental The Situation In The Zone Of Influence Of Chemical Weapons]. *Intellectual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 2, pp. 94-102. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-94-102.