



Министерство образования Московской области
Государственный университет «Дубна»
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра экологии и наук о Земле

И. З. Каманина, С. П. Каплина,
О. А. Макаров, Н. А. Кликодуева

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАУКОГРАДА ДУБНА

Монография

Дубна
2019

УДК 504.06
К18

Рецензенты:

Заведующий кафедрой биологии почв факультета почвоведения МГУ
им. М. В. Ломоносова профессор, доктор биологических наук *А. Л. Степанов*

Старший научный сотрудник кафедры метеорологии и климатологии
географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова доцент,
кандидат географических наук *Л. И. Алексеева*

Каманина И. З., Каплина С. П., Макаров О. А., Кликодуева Н. А.
К18 Комплексная оценка экологического состояния наукограда Дубна: Моногр. — Дубна: ОИЯИ, 2019. — 168 с.: ил.

ISBN 978-5-9530-0523-4

В монографии представлены результаты комплексной оценки экологического состояния компонентов окружающей среды г. Дубны. Дается общая характеристика природно-климатических условий, структурно-функционального зонирования и основных факторов антропогенной нагрузки. Обобщен большой фактический материал мониторинга поверхностных вод, почв, растительности, снежного покрова. Проведено районирование территории города по уровню экологического благополучия. Представлены основные принципы современной системы управления отходами в г. Дубне (раздельный сбор твердых коммунальных отходов; функционирование мусоросортировочного комплекса; обращение с ртутьсодержащими, медицинскими отходами; биотермическое компостирование осадка сточных вод).

Монография предназначена для широкого круга специалистов в области экологии и природопользования, администрации и жителей г. Дубны.

УДК 504.06

ISBN 978-5-9530-0523-4

© И. З. Каманина, С. П. Каплина,
О. А. Макаров, Н. А. Кликодуева, 2019
© Объединенный институт
ядерных исследований, 2019

Предисловие

Монография посвящается 25-летию университета «Дубна» и кафедры экологии и наук о Земле, которая была открыта в университете в числе первых.

Создание кафедры и реализация «с чистого листа» процесса подготовки специалистов по направлению «Экология и природопользование» стало возможным благодаря не только высокому профессионализму, но и огромному энтузиазму людей, стоявших у истоков этого процесса, в первую очередь К. П. Кавуна, И. З. Каманиной, М. К. Бахтеева.

Кафедра экологии и наук о Земле была одним из краеугольных камней фундамента поистине новаторского проекта под названием «Международный университет природы, общества и человека “Дубна”», обеспечившего подготовку высококвалифицированных кадров для реализации стратегии устойчивого развития. С момента создания кафедры экологии и наук о Земле изучение экологического состояния окружающей среды в г. Дубне и его окрестностях стало первостепенной задачей. По сути, город стал учебным полигоном для подготовки целого поколения молодых специалистов, многие из которых успешно работают на предприятиях города и в лабораториях Объединенного института ядерных исследований.

Монография является обобщением результатов многолетней работы авторов и их коллег. Экологические вопросы интересуют не только специалистов, каждый из нас заинтересован в получении достоверной экологической информации. В монографии дается общая характеристика природных условий г. Дубны, структурно-функционального зонирования и основных факторов антропогенной нагрузки. Подробно рассмотрено состояние поверхностных вод, почв, растительности, снежного покрова. Большой блок посвящен системе обращения с отходами, которая является злободневной проблемой не только для Московской области, но и для всей России. В г. Дубне внедрены основные принципы современной системы управления отходами (твердыми коммунальными отходами, отходами предприятий, особо опасными отходами, включая ртутьсодержащие и медицинские отходы, представляющими угрозу для окружающей среды).

Реализованный авторами монографии комплексный подход в изучении городской среды позволил получить результаты, обладающие научной и практической ценностью, которые могут быть интересны как специалистам, так и жителям города.

Президент Российской академии естественных наук,
президент государственного университета «Дубна»
доктор технических наук, профессор
О. Л. Кузнецов

Посвящается 25-летию государственного университета «Дубна» и кафедры экологии и наук о Земле

Введение

Данная монография является логическим продолжением серии работ, посвященных экологическому состоянию г. Дубны, подготовленных на кафедре экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна». В основу книги легли результаты многолетних исследований авторов, реализовавших комплексный подход в изучении городской среды. Идеями вдохновителями проведенных исследований были доктор геолого-минералогических наук М. К. Бахтеев, доктор геолого-минералогических наук Ю. Б. Осипов, доктор географических наук К. С. Лосев, кандидат геолого-минералогических наук И. Л. Евтухович, кандидат географических наук Л. И. Алексева. Большинство аналитических данных по состоянию компонентов окружающей среды было получено на базе межкафедрального эколого-аналитического центра, который был создан благодаря высокому профессионализму и организаторскому таланту В. В. Успенской. Кропотливая работа кандидата биологических наук Е. А. Карпухиной и доктора биологических наук П. Ю. Жмылева позволила накопить огромный фактический материал по растительному покрову г. Дубны и его окрестностей, который был изложен в научных статьях и монографиях.

В настоящей монографии дается общая характеристика природных условий г. Дубны, структурно-функционального зонирования и основных факторов антропогенной нагрузки, в том числе транспорта, на долю которого приходится до 60 % всех загрязнений в городе.

Авторами обобщен большой объем фактических данных, полученных в результате мониторинга состояния компонентов окружающей среды: поверхностных вод, почв, растительности, снежного покрова. Выбор для изучения в качестве компонентов окружающей среды почв и снежного покрова весьма актуален, так как почва является основным компонентом при проведении комплексной оценки экологического состояния окружающей среды городов, а снежный покров в полной мере отражает состояние атмосферного воздуха на территории города в зимний период, который в средней полосе России продолжается довольно длительное время — 5–6 месяцев. В качестве экспресс-диагностики для оценки экологического состояния территории города использован метод биоиндикации (флуктуирующей асимметрии), который показал схожие результаты и позволил получить более полную картину экологического состояния городской среды. Проведенное авторами пространственное

картирование экологической ситуации является основой для районирования территории города по уровню экологического благополучия.

Большое внимание в монографии отводится вопросу обращения с отходами. В г. Дубне уже на протяжении многих лет реализуются основные принципы современной системы управления отходами: внедрена система раздельного сбора твердых коммунальных отходов; работает мусоросортировочный комплекс; функционирует предприятие по демеркуризации ртутьсодержащих отходов, технология которого, реализованная в малогабаритной вакуумной термодемеркуризационной установке, признана наилучшей доступной технологией по утилизации и обезвреживанию ртутьсодержащих отходов в Российской Федерации.

Внедрение комплексного подхода в изучении экологического состояния городской среды на примере г. Дубны позволило создать на кафедре экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна» целое научное направление по изучению состояния окружающей среды малых и средних городов, реализованное в защите многочисленных бакалаврских работ, магистерских и кандидатских диссертаций. Развитие системы мониторинга состояния окружающей среды в малых и средних городах позволит получить более точную картину фактического загрязнения как отдельных регионов, так и территории России в целом. В настоящее время в связи с малым объемом данных об экологическом состоянии таких городов этими данными пренебрегают, однако в своей совокупности малые и средние города вносят существенный вклад в загрязнение региона. Благоприятная окружающая среда таких населенных пунктов также требует постоянного наблюдения и контроля для принятия своевременных управленческих решений в целях сохранения качества окружающей среды и здоровья населения.

Авторы надеются, что настоящая монография будет интересна не только специалистам в области экологии, но и жителям г. Дубны.

Авторы выражают искреннюю благодарность студентам, аспирантам и сотрудникам кафедры экологии и наук о Земле.

Глава 1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Урбанизация является неотъемлемой чертой развития современной цивилизации. В России показатель урбанизации в 2018 г. составил более 74 %, т. е. таков процент жителей страны, зарегистрированных в городах и поселках городского типа. Предполагается, что к 2030 г. доля городского населения в мире достигнет 60 %, и в значительной степени это будет связано с ростом малых и средних городов (с численностью населения до 100 000 чел.). Малые и средние города являются важным элементом в структуре городского расселения. Они составляют 85 % современных российских городов, в которых проживает 27,3 млн жителей, или 26,3 % всего населения страны [160]. Несмотря на то, что вопросам охраны окружающей среды уделяется большое внимание на государственном уровне, на практике проблемы урбанизированной среды, в особенности малых и средних городов, таких как г. Дубна, остаются недостаточно изученными или не изученными вовсе, в том числе из-за недостатка финансирования.

Согласно экологической доктрине РФ задача сохранения и обеспечения качества окружающей среды в целях сохранения здоровья населения входит в ряд приоритетных в рамках экологической политики России [167], а угроза ухудшения состояния окружающей среды до критических пределов в настоящее время рассматривается как угроза национальной безопасности страны [85]. Для эффективного управления качеством окружающей среды необходимо получение достоверной и своевременной разносторонней информации об ее фактическом состоянии (посредством создания системы мониторинга) для принятия управленческих решений [84]. По данным Э. Ю. Безуглой и И. В. Смирновой, 38 % городского населения России проживает на территориях, где не проводятся наблюдения за состоянием атмосферного воздуха [13].

Город — это природно-техногенная система, динамическая совокупность, составленная проживающим населением, его хозяйственной деятельностью и освоенной территорией. В то же время город — это природно-антропогенная система, основными системообразующими факторами (элементами системы) которой являются человек (он сам и все виды деятельности, осуществляемые в пределах городской территории) и природная среда (рельеф, геология, климат, поверхностные и подземные воды и т. д.). Взаимодействие этих двух факторов и создает специфическую урбозкосистему и присущую ей специфическую природно-антропогенную городскую среду [48]. Города можно

рассматривать как наиболее сложные техногенные системы, в которых образуется множество прямых и обратных связей, возникающих в процессе взаимодействия системы «общество–природа» и отличающихся особой внутренней неоднородной структурой, динамикой и эволюцией. Поскольку для городской среды плотность этих связей наиболее велика, взаимодействие происходит наиболее быстрыми темпами, и человек в наибольшей степени подвергается влиянию изменения среды [26, 18, 175].

Сам город неоднороден и состоит из разных подсистем (население, хозяйственный комплекс, система жизнеобеспечения), из сочетания территорий различного функционального назначения (селитебные, промышленные, коммунально-складские, рекреационные), соединенных элементами транспортно-инфраструктурного каркаса [48, 18]. В результате процесс взаимодействия общества и природы сильно различается как в разных типах городов, так и на территории самого города.

Сочетание воздействия внутренних и внешних источников определяет уровень антропогенной нагрузки в городе. Территориальная дифференциация экологической ситуации в городе определяется не столько размером самих источников воздействия, сколько размещением ареалов их воздействия. В связи с этим особо важным представляется выявление ареалов воздействия на территории городов, а затем проведение комплексной оценки уровня и специфики воздействия в пределах ареалов.

Принципиально важно разделить все компоненты окружающей среды по реакции на поступающее загрязнение на две группы [90, 141, 122, 38, 18]:

- транспортирующие загрязняющие вещества, или миграционные: прежде всего атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды;
- депонирующие, накапливающие загрязняющие вещества: литогенная основа, почвенный и растительный покров, животный мир, донные отложения и твердые атмосферные выпадения.

Уровень загрязнения депонирующих сред складывается в результате как самого воздействия техногенных источников, так и опосредованно, через загрязненные транспортирующие среды. Загрязнение депонирующих природных компонентов может служить источником загрязнения для транспортирующих сред.

Техногенные аномалии, выявляемые только в долговременно депонирующих загрязнение природных средах (почвы, донные отложения) и отсутствующие в транспортирующих средах (воздух, вода) и в средах, кратковременно депонирующих загрязняющие вещества (снег, поверхность растений), являются регрессивными. Они фиксируют былые источники загрязнения, ныне не функционирующие. Техногенные аномалии, выявляемые только в природных средах, транспортирующих и кратковременно депонирующих загрязнение, являются неотрансгрессивными. Они связаны с недавно созданными источниками загрязнения и вновь формируемыми зонами загрязнения. При развитии техногенных аномалий одновременно в депонирующих и транспортирующих средах аномалии являются трансгрессивными и фиксируют устойчиво существующие источники со стабильными зонами загрязнения [24, 141, 90, 54, 18].

В окружающую среду городов поступает огромное количество химических элементов с последующим накоплением и перераспределением в различных компонентах окружающей среды в результате геохимической миграции. Интенсивность миграции зависит от ландшафтно-геохимических условий, т. е. от специфики сочетания гидрометеорологических, литолого-геохимических и почвенно-ботанических характеристик конкретной территории. В результате миграции загрязняющих веществ, генерируемых источниками загрязнения, происходит загрязнение окружающей среды. Под загрязнением принято понимать изменение химических свойств окружающей среды, не связанное с естественными природными процессами. В настоящее время подавляющая часть загрязнений являются техногенными [121, 32, 141].

Основные источники загрязнения окружающей среды в городах — промышленные предприятия, предприятия энергетического комплекса и транспорт, в первую очередь автомобильный. Все виды источников загрязнения содержат широкую группу загрязняющих веществ полиэлементного состава. Сочетание химических элементов характеризует специфические индивидуальные особенности источников загрязнения. Характеристики ореолов и потоков рассеяния — состав, степень концентрации, формы нахождения элементов, интенсивность биологического поглощения — определяют качество окружающей среды [141]. Качество окружающей среды в последнее десятилетие становится одним из основополагающих понятий в экологии.

Качество среды обитания человека определяется как совокупность условий, обеспечивающих или не обеспечивающих здоровье. Население городов постоянно подвергается воздействию комплекса факторов антропогенного загрязнения окружающей среды. На долю факторов, связанных с качеством окружающей среды (экологических факторов), по разным оценкам, приходится от 10 до 57 % [19, 17, 88].

Оценка качества среды оказывается важной задачей любых мероприятий в области охраны окружающей среды и природопользования. Такая оценка возможна только на основе мониторинговых работ, а функционирование системы экомониторинга, в свою очередь, является неотъемлемой частью правильной организации управления качеством окружающей среды [15].

По данным социологического опроса Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ), в 2018 г. 55 % респондентов заявили об ухудшении состояния экологии в стране. По мнению опрошенных, в большей мере экологическая ситуация зависит от властей (36 %), владельцев предприятий (25 %) и жителей страны (33 %). Среди наиболее острых экологических проблем респонденты называют загрязнение воздуха (22 %), мусорные свалки (16 %), грязные реки и озера (13 %), несвоевременный вывоз мусора (11 %), плохое качество водопроводной воды и проблемы с озеленением парков и лесов (по 6 %). Посильной помощью россияне считают в первую очередь соблюдение чистоты на природе и на улице и уборку за собой мусора (56 %) [27].

Экологические проблемы городов сложны и многообразны. Каждый город неповторим, формировался в определенное время, прошел свои этапы в развитии. Уровни загрязнения сильно различаются между городами и внутри городской территории.

В основе любой оценки качества окружающей среды в городах лежат фактические (натурные) данные, полученные с использованием геохимических методов исследования. Эти методы широко применяются на всех стадиях оценки состояния локальных и региональных природно-антропогенных систем.

Важнейшими задачами при изучении загрязнения окружающей среды являются выявление пространственной структуры распределения очагов загрязнения, установление источников вредных воздействий, размеров зон их влияния на население и оценка этого влияния [141, 134, 97, 99, 148].

Практика проведения экологических работ с применением геохимических методов показывает, что результаты геохимической оценки достаточно четко отражают различные уровни техногенной нагрузки, а разработанные классификации позволяют, хотя и условно, определять экологическую опасность установленного загрязнения [141, 53, 122, 134, 18].

Одним из главных направлений оценки воздействия любого источника на окружающую среду и население является определение конкретного ареала загрязнения, радиуса воздействия. Степень риска, в том числе для здоровья населения, во многом зависит не столько от объемов выбросов, сколько от их токсичности и особенно от типа землепользования на территории, на которую влияют данные выбросы.

После проведения замеров и расчетов статистических показателей устанавливается степень загрязненности различных сред путем соотнесения с нормативами, предельно допустимыми и фоновыми значениями отдельных показателей, определенных, как правило, гигиеническими или эпидемиологическими исследованиями.

Однако применение геохимических методов в рамках экологических исследований имеет и ряд недостатков. Это относится к сложностям с определением токсичности тяжелых металлов, имеющих, как правило, различные формы нахождения. Поэтому разработанные для некоторых металлов нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) и оценочные шкалы опасности загрязнения являются весьма относительными и не отражают достаточно объективно остроты экологической ситуации. Значительное влияние на конечный результат, особенно при апробировании почв, оказывает, кроме интенсивности, продолжительность воздействия техногенной нагрузки и принятый для расчета уровень фоновых содержаний отдельных элементов. Все это в конечном счете затрудняет объективную оценку действительного уровня техногенной нагрузки, ее экологических последствий и сравнение экологической обстановки в различных регионах.

Особый интерес представляет оценка экологического состояния урбанизированной территории не на основе отдельного компонента природной среды, а на основе их совокупности, т. е. комплексная оценка. Наибольшее значение для урбанизированных территорий имеет оценка состояния атмосферного воздуха, почв, снежного покрова и растительности.

Глава 2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Г. ДУБНЫ

Город Дубна (город областного подчинения) расположен в Талдомском районе в самой северной точке Московской области ($56^{\circ}45'$; $37^{\circ}10'$) по обеим сторонам р. Волги в 128 км от Москвы и граничит с Тверской областью: на севере — с Кимрским районом, на северо-западе — с Конаковским районом. Общая площадь территории г. Дубны составляет 6336 га [29].

Город является одним из «опорных» городов Сергиево-Посадской рекреационно-аграрной устойчивой системы расселения. В настоящее время г. Дубна — средний по численности населения (75 144 чел.) [160] и молодой город. Он основан в 1956 г. Указом Президиума Верховного Совета РСФСР от 24 июля 1956 г. № 762/14 [159] вслед за принятием решения о создании Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ). В 2001 г. одному из первых в России ему присвоен статус наукограда Российской Федерации, который сохраняется и в настоящее время [157].

Геология и геоморфология. Город Дубна располагается в пределах Русской плиты — части Восточно-Европейской равнины древней платформы. Город находится в южной части очень пологой блюдцеобразной структуры — Московской синеклизы. Мощная толща четвертичных отложений, характерная для всей территории региона, представлена главным образом ледниковыми образованиями, а также озерными и речными отложениями. Эта толща сравнительно неглубоко прорезана речной сетью, так что выходы коренных горных пород чрезвычайно редки [25].

Город Дубна расположен на южной оконечности Верхневолжской плоской низменности (120–150 м) — Волго-Дубненской низине, которая имеет сглаженный плоский рельеф, местами заболоченная, и на пойменных террасах р. Волги. Верхневолжская низменность приурочена к понижению в рельефе коренных пород. В целом вся территория Верхневолжской низменности типично плоского типа [25].

Расчлененность территории весьма незначительна, размах рельефа не превышает 1–3 м от днищ пологосклонных понижений, образующих зачастую замкнутые и полузамкнутые ложбины и впадины. Повышения в рельефе носят характер относительно узких пологосклонных гряд, ориентированных в целом в направлении долины р. Волги. Овражно-балочная сеть выражена чрезвычайно слабо. Уплощенный характер территории способствует существенному заболачиванию естественных понижений в рельефе. Максимальные абсолютные высотные отметки района составляют 122–126 м, минималь-

ные — 114–116 м. Абсолютные отметки урезов р. Волги, Дубны и Сестры составляют 113,0–113,1 м, урез воды в канале им. Москвы — 124,0 м.

В морфологии района выделяются пойма, первая и вторая надпойменные террасы и старичные ложбины. К отметкам 113–115 м приурочены отложения поймы.

Гидрологические условия. Дубна — единственный в Московской области город, расположенный на р. Волге. С юга город ограничен р. Сестрой и каналом им. Москвы, с востока — р. Дубной, с запада — Ивановским водохранилищем (Московским морем), с севера граница города проходит по Северной мелиоративной канаве. Реки окрестностей Дубны принадлежат к восточно-европейскому типу водного режима. Основным источником их питания являются талые снеговые воды. Река Волга пересекает город и делит его на две части — левобережье и правобережье. Ширина Волги в пределах города составляет 250–350 м, глубина — 6–8 м. Притоком правого берега р. Волги является р. Дубна, левого — серия мелких ручьев, а также крупные каналы — Северная и Южная. Питание реки смешанное, частично снеговое, частично дождевое, частично осуществляется за счет подземных вод. Территория города дренирована большим количеством канав. Максимальное их число сконцентрировано в пределах садоводческих товариществ. Ширина дренажных канав не превышает 1,5 м, а глубина — не более 1 м.

На территории Дубны уровень грунтовых вод составляет около 1 м. Это обусловлено тем, что город находится на «острове» — ограничен р. Волгой, Дубной, Сестрой и каналом им. Москвы. Во время паводков рек уровень грунтовых вод увеличивается почти на 0,6–0,9 м, что приводит к подтоплению и заболачиванию больших территорий. На гидрогеологический и гидрологический режимы территории значительное влияние оказывает система верхневолжских водохранилищ. Сток р. Волги в пределах города зарегулирован, уровень воды находится выше естественного уровня, что также влечет за собой подтопление и заболачивание больших участков территории. Местное заболачивание и подтопление территорий также вызывается строительством дорог в результате нарушения естественного дренажа [168].

Почвенный покров. В соответствии с системой почвенно-географического районирования [82] территория г. Дубны находится в Среднерусской провинции дерново-подзолистых среднегумусированных почв [130]. Почвенный покров города и его окрестностей типичен для северной части Московской области и характеризуется большой пестротой по степени оподзоленности, развитию дернового процесса, уровням смывости и намытости, оторфованности и признакам залужения.

Почвообразующие породы представлены четвертичными отложениями различного генезиса и состава, главным образом водно-ледниковыми и древнеаллювиальными. На территории города распространены дерново-оподзоленные почвы разной степени оподзоленности, легкого гранулометрического состава, реже встречаются торфянисто- и торфяно-подзолистые болотные почвы. В поймах рек распространены дерновые и дерново-луговые почвы, кроме того, в поймах рек в условиях периодического затопления сформировались разнообразные аллювиальные почвы [25, 149].

В почвенном покрове водораздельных пространств на среднесуглинистых почвообразующих породах под еловыми лесами формируются дерново-сильно-подзолистые и среднеподзолистые почвы. На супесчаных отложениях под сосняками преобладают дерново-слабоподзолистые почвы. На менее дренируемых участках водораздельных пространств формируются почвы с признаками оглеения, степень выраженности последнего крайне неоднородна даже в пределах одного ландшафта: дерново-подзолистые профильно-глееватые, дерново-подзолистые глеевые, дерново-подзолистые грунтово-оглеенные. В условиях болота и заболоченных участков формируются сложные сочетания гидроморфных почв: болотно-подзолистых перегнойно-глеевых, торфяных и торфянисто-глеевых. Почвенный покров пойм р. Волги, Дубны, Сестры образован сочетаниями аллювиальных луговых, аллювиальных дерновых и различных пойменных болотных почв, в том числе лугово-болотных, иловато-торфяных, торфяных и торфянисто-глеевых. Практически все вышеперечисленные почвы несут признаки освоенности, а иногда и окультуренности в своем профиле и свойствах.

Естественный почвенный покров на территории города сильно изменен. Естественные почвы сохранились только в районах лесопарковых зон. Культурный слой весьма слабо развит в связи с молодостью города. Формирование городских почв в Дубне — урбаноземов и урбанотехноземов — происходит на насыпных грунтах [73]. Урбаноземы — генетически самостоятельные почвы, обладающие как признаками зональных почвенных процессов, так и специфическими свойствами. Для них характерен поверхностный органоминеральный насыпной, перемешанный горизонт с урбаногенными включениями, понимаемый как особое природно-антропогенное образование. При определенных обстоятельствах урбаноземы, развивающиеся на культурном слое или на грунтах, могут эволюционировать в зональные почвы с присущими им свойствами и системой генетических горизонтов [129].

Растительный покров. В соответствии с ботанико-географическим районированием северная часть Московской области, в которой находится г. Дубна, входит в Лотошинско-Талдомский геоботанический округ, совпадающий в общих чертах с Верхневолжской низменностью. Он характеризуется господством хвойных лесов без участия широколиственных пород и дубравных элементов, значительным распространением заболоченных лесов и болот.

Растительный покров Дубны и ее окрестностей чрезвычайно разнообразен и представлен различными типами хвойных, хвойно-широколиственных и мелколиственных лесов, пойменных и суходольных лугов, низинных и верховых болот.

Основные древесные породы: ель, сосна, береза, осина — занимают выровненные участки суходолов и низин. Из хвойных лесов широко распространены ельники-кисличники, приуроченные к подзолистым и дерново-подзолистым почвам. На более бедных и менее дренированных почвах растут ельники-черничники. Встречаются и травяные ельники, имеющие богатый травостой. По террасам рек часто встречаются сосновые леса, среди которых выделяются боры-зеленомошники с черникой и брусникой на увлажнен-

ных песках, а на переувлажненных песках — боры-долгомошники и сфагно-вые боры.

Особо ценные сообщества, к которым отнесены коренные хвойные и хвойно-широколиственные леса, сохранились на территории г. Дубны в виде небольших массивов. Больше половины лесной площади занимают малоценные мелколиственные лесные сообщества.

Фитоценотическое разнообразие лугов севера Московской области невелико, что обусловлено общей бедностью почв питательными веществами и небольшими колебаниями климатических условий. Самые высокие элементы рельефа: вершины увалов и холмов, верхние части склонов балок и пойменные гривы, т. е. относительно дренированные местообитания, — заняты душистоколосково- и красноовсяницево-разнотравными лугами на дерново-подзолистых, реже пойменных дерновых почвах. В менее дренированных местообитаниях пологих склонов, плоских поверхностей или в неглубоких понижениях формируются влажные мелкозлаково-разнотравные луга с участием крупных злаков. На участках с близкими грунтовыми водами (до 1 м): по окраинам болот, по днищам лощин и в поймах рек — формируются сырые крупнотравные луга с обилием лабазника вязолистного, камыша, овсяницы луговой, хвоща болотного и других высокорослых трав. Современная луговая растительность г. Дубны представляет собой вторичное сообщество, которое возникло на месте сведенных лесов.

На значительной части своей территории леса г. Дубны заболочены. Самые низкие элементы рельефа, характеризующиеся временной или постоянной обводненностью поверхности, занимают осоковые болотистые луга и болота, резко отличающиеся от других типов лугов бедностью видового состава и разреженностью травостоя. Доминируют обычно осоки пузырчатая, вздутая, острая, реже щучка.

На территории города находятся два охраняемых лесных участка. Один из них — лесной массив Ратминский бор — находится на левом берегу р. Дубны, вблизи ее впадения в р. Волгу. Площадь составляет 22 га. Ратминский бор представляет собой сосновый лес с предельным возрастом около 100 лет. Лесной массив находится вблизи городской застройки. Второй из участков — Козлаковский лес, находясь в черте г. Дубны, частично охватывает небольшую территорию Талдомского лесничества. Площадь объекта — 326 га [25, 149, 108].

Климат. Климат севера Московской области умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно-холодной зимой с устойчивым снежным покровом, несколько более влажный и холодный на севере — в районе г. Дубны.

Умеренно-континентальный климат характеризуется довольно мягкой зимой — с оттепелями — и теплым влажным летом. Самым холодным месяцем года является январь, среднемесячная температура которого составляет $-10,7^{\circ}\text{C}$. Самым теплым месяцем года является июль, среднемесячная температура $+17,8^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура воздуха $+3,5^{\circ}\text{C}$. Среднегодолетняя продолжительность безморозного периода 126 дней.

Смягчающее влияние на климат района г. Дубны оказывают р. Волга, Ивановское водохранилище, болотные системы и лесные массивы. Отно-

сительная влажность воздуха достигает наибольших значений в декабре и январе — 86 %, а самая низкая влажность отмечается в мае — 67 %. По количеству атмосферных осадков город относится к зоне повышенного увлажнения: среднегодовая сумма осадков составляет 783 мм.

Средняя дата появления снежного покрова приходится на 29 октября. Число дней со снежным покровом в среднем составляет 145 дней. Средне-многолетняя глубина снежного покрова 400 мм, плотность 250 кг/м³.

Преобладающими направлениями ветра в течение года являются юго-западные с повторяемостью в течение года 22 %. Данные направления ветра преобладают в зимнее время года, в летнее время наряду с юго-западными характерны ветра северного направления. Среднегодовая скорость ветра 3,3 м/с [108].

Функциональное зонирование территории города и антропогенная нагрузка. Общая площадь территории города — 6336 га, из них лесные массивы составляют 23,5 % территории (1490 га), водные объекты — 17 % (1090 га) [29, 108].

В городе выделяются несколько районов, которые отличаются по своей структуре и застройке. В левобережной части формируется один район, именуемый Левобережный; в правобережной части города выделяются районы: Большая Волга, Черная речка, Институтская часть, Александровка.

Район Левобережный сформировался вокруг предприятий оборонного комплекса ГосМКБ «Радуга» им. А. Я. Березняка и ОАО «Дубненский машиностроительный завод им. Н. П. Федорова». Здания в районе преимущественно среднеэтажные периода сталинской застройки и более позднего периода. В настоящий момент в северной части района строятся современные многоэтажные жилые дома. В восточной части района расположена зона частной застройки.

Район Большая Волга представляет собой самый молодой и быстроразвивающийся район города. Центральной улицей района является просп. Боголюбова. Район представлен многоэтажными жилыми домами, что увеличивает концентрацию жителей на квадратный метр. Здесь сосредоточены самые крупные офисы и торговые центры, а также расположен железнодорожный вокзал.

Район Черная речка — условный центр правобережной части города. Район застроен преимущественно многоэтажными жилыми домами различного периода застройки, в настоящее время район активно застраивается. Здесь также расположены торговые центры и мост через р. Волгу, соединяющий левобережную и правобережную части города.

Район Институтская часть застраивался одновременно со строительством Объединенного института ядерных исследований. В основном район застроен 3- и 4-этажными многоквартирными домами, а также частными коттеджами, но есть небольшое количество и многоэтажных домов. Схема улиц достаточно частая, что располагает жителей города к пешим и велосипедным прогулкам, тем самым снижая загруженность района автотранспортом. Институтская часть достаточно хорошо озеленена, в том числе за счет парков и скверов.

В районе практически отсутствуют торговые и офисные центры, расположен железнодорожный вокзал.

Район Александровка находится в восточной части города, на значительном расстоянии от центра, практически у его границ. В районе расположена промзона «Александровка» и Центр космической связи «Дубна». Район представлен в основном индивидуальной жилой застройкой, включая современные коттеджи.

В Московской области основными источниками загрязнения являются Московская городская агломерация и крупные городские и промышленные центры. Город Дубна находится на значительном расстоянии от них и не испытывает заметного воздействия от данных источников.

В настоящее время город является крупнейшим научным центром страны и Московской области, всемирно известным международным научным центром. В городе расположен Объединенный институт ядерных исследований, а также мощный комплекс разработки авиационно-космической техники, предприятия морского и ядерного приборостроения [29, 108]. Необходимо отметить, что все предприятия города характеризуются небольшими объемами производства и оборотом.

В целом состояние окружающей среды на территории г. Дубны оценивается как благополучное.

Глава 3

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

На территории г. Дубны насчитывается более 800 стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха, и только треть из них оснащены установками очистки газа. Среди промышленных предприятий преобладают такие отрасли, как машиностроение, авиастроение, приборостроение, деревообработка, производство строительных материалов. Все они являются загрязнителями окружающей среды за счет выбросов в атмосферный воздух, сбросов в поверхностные воды и поступления промышленных и бытовых отходов [149].

В атмосферный воздух от стационарных источников выбрасывается более 80 вредных веществ; суммарный объем валовых выбросов в среднем составляет около 1500 т/год. Основными стационарными источниками загрязнения атмосферы являются котельные, на которые приходится 60–70 % общего объема выбросов стационарными источниками [79].

В настоящее время согласно статье 4.2 Федерального закона «Об охране окружающей среды» [161] в зависимости от уровня негативного воздействия на окружающую среду объекты подразделяются на четыре категории:

- объекты 1-й категории — объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящиеся к областям применения наилучших доступных технологий;
- объекты 2-й категории — объекты, оказывающие умеренное негативное воздействие на окружающую среду;
- объекты 3-й категории — объекты, оказывающие незначительное негативное воздействие на окружающую среду;
- объекты 4-й категории — объекты, оказывающие минимальное негативное воздействие на окружающую среду.

В основе критериев разделения объектов по категориям учитываются: уровень воздействия на окружающую среду видов хозяйственной и (или) иной деятельности (отрасль, часть отрасли, производство); уровень токсичности, канцерогенные и мутагенные свойства загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах, сбросах загрязняющих веществ, а также классы опасности отходов производства и потребления; классификация промышленных объектов и производств; особенности осуществления деятельности в области использования атомной энергии. Присвоение категории объекту осуществляется при его постановке на государственный учет.

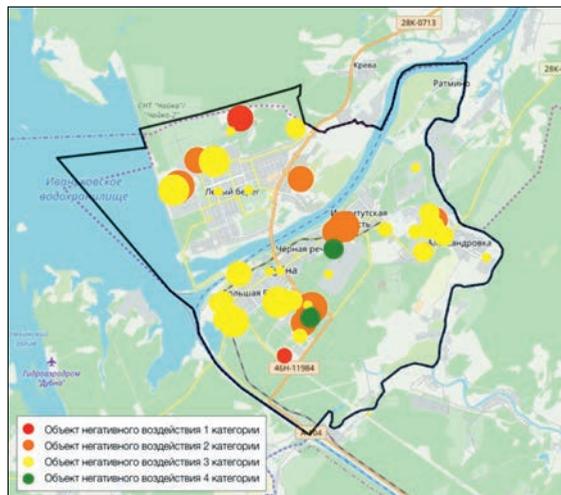


Рис. 3.1. Объекты негативного воздействия на окружающую среду на территории г. Дубны [168]

Расположение объектов негативного воздействия на окружающую среду г. Дубны представлено на рис. 3.1.

На территории города расположено два объекта 1-й категории: ООО «Связь инжиниринг КБ» и АО «Производственно-техническое объединение городского хозяйства» (городские очистные сооружения). ООО «Связь инжиниринг КБ» находится на территории правобережной части особой экономической зоны «Дубна», завод был введен в эксплуатацию в августе 2015 г. Это предприятие полного производственного цикла по изготовлению двусторонних и многослойных печатных плат занимает одну из лидирующих позиций на российском рынке производства промышленной электроники и электротехники [116]. АО «Производственно-техническое объединение городского хозяйства» обеспечивает предоставление коммунальных услуг населению города.

К основным источникам загрязнения атмосферного воздуха на территории города относятся следующие предприятия-загрязнители: Объединенный институт ядерных исследований (котельные) — около 563 т/год; ОАО «Энергия-Тензор» (котельные) — около 600 т/год; ООО «Производственное объединение «АПАТЭК-Дубна» — около 107 т/год; ОАО «Дубненский машиностроительный завод им. Н. П. Федорова» — около 100 т/год; ООО «Промышленная компания «Экомебель» — около 41 т/год; ООО «Каменный век» — около 31,5 т/год; АО «Научно-исследовательский институт «Атолл» — около 3,5 т/год [79].

Основная часть загрязнения атмосферного воздуха города предприятиями приходится на CO, NO₂, SO₂ и твердые частицы. Кроме основных загрязняющих веществ выбрасывается около 80 специфических ингредиентов: ацетон, ксилол, бутилацетат, стирол, углеводороды, керосин, изопрен, этанол, дивинил, азотная, серная, соляная, уксусная кислоты, соли тяжелых

металлов и др. Загрязнение воздуха этими веществами зависит от специфики производства и носит в основном локальный характер [25, 149].

Необходимо отметить, что в 2005 г. было принято решение о создании в г. Дубне особой экономической зоны (ОЭЗ) технико-внедренческого типа. В связи со строительством ОЭЗ планируется увеличение численности населения города на 30 тыс. человек, что, несомненно, приведет к значительному увеличению антропогенной нагрузки на данную территорию.

Для строительства ОЭЗ на территории города были выделены два участка.

В левобережной части города непосредственно на берегу р. Волги выделен участок «Российский центр программирования» площадью 124 га для размещения предприятий, ведущих исследования и разработки (включая испытания и опытное производство) новых технологий и видов продукции, как правило, не требующих организации санитарно-защитных зон, и объектов инновационной, социальной, инженерной, транспортной и иной инфраструктуры. Данный земельный участок ранее относился к сельскохозяйственным угодьям.

В правобережной части города в районе Нового шоссе на участке 93 га, непосредственно примыкающем к существующей промзоне города, расположен участок «Новая промышленная зона». Здесь разместятся предприятия, ориентированные на серийное производство высокотехнологичной продукции в сфере информационных и ядерно-физических технологий, а также опытные производства, лабораторные и испытательные базы предприятий и объекты инженерной и транспортной инфраструктуры. На сегодняшний день ОЭЗ «Дубна» занимает одно из лидирующих мест в национальном рейтинге инвестиционной привлекательности особых экономических зон России, а количество резидентов составляет более 150 [109].

В 2018 г. завершилось строительство мостового перехода через р. Волгу. Мостовой переход с четырьмя полосами движения соединяет просп. Боголюбова, ул. Вернова на правом берегу и ОЭЗ «Дубна» в районе Дворца спорта «Радуга» на левом берегу. Пропускная способность объекта — более 24 тыс. автомобилей в сутки [109]. Ввод в эксплуатацию мостового перехода привел к изменению транспортных потоков, что повлечет за собой значительное изменение существующей транспортной нагрузки на компоненты окружающей природной среды, и в первую очередь на состояние атмосферного воздуха.

В различных частях города расположено семь котельных. В настоящее время городские котельные работают в основном на природном газе, используя в качестве резервного топлива мазут.

В г. Дубне преобладают метеорологические условия, способствующие меньшему накоплению и эффективному удалению из атмосферы попавших в нее примесей [25, 149].

Контроль за состоянием атмосферного воздуха, осуществляемый ведомственными аналитическими лабораториями промышленных предприятий на границе санитарно-защитных зон, показывает, что ореолы выбросов предприятий концентрируются в основном в промышленных зонах и непосредственной близости от них и носят локальный характер.

Данные о состоянии приземной атмосферы, полученные в ходе исследований на селитебной территории Дубненским городским центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора за 2000–2003 гг., свидетельствуют о том, что в зависимости от сезона и времени суток периодически наблюдаются превышения ПДК в воздухе по таким компонентам, как твердые частицы, диоксид серы, диоксид азота, тяжелые металлы (свинец, цинк). Участки, на которых обнаруживались данные аномалии, приурочены либо к интенсивным транспортным развязкам, либо к котельным, либо к местам сосредоточения производств (район Александровка, район ОРСа, ОАО «Дубненский машиностроительный завод») [79].

В период с 1998 по 2016 г. интенсивность транспортного потока на основных магистралях города возросла в 3–3,5 раза. На долю автотранспорта приходится около 60 % от общего загрязнения атмосферного воздуха города — примерно 2000 т/год, большую часть загрязняющих веществ составляет оксид углерода — 1534,47 т/год.

Глава 4

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТА

Ведущим фактором, определяющим экологическое состояние большинства городов, является воздействие автотранспорта. Выбросы от автотранспорта часто составляют до 70–80 % всех выбросов в атмосферу города. В г. Дубне на долю автотранспорта приходится около 60 % от общего загрязнения атмосферного воздуха, что составляет ~ 2000 т/год [25, 149, 80]. Автомобиль выбрасывает в атмосферу более 200 видов токсичных веществ, среди которых имеются полициклические (ароматические) углеводороды, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами. Наряду с газообразными соединениями в отработанных газах присутствуют соединения тяжелых металлов, при истирании тормозных колодок в воздух и почву попадают медь, ванадий, цинк, молибден, никель и хром, а при стирании автомобильных шин — кадмий, свинец, цинк, молибден [18, 172, 174]. Особую опасность выбросы от автотранспорта представляют в связи с тем, что происходят они на небольшой высоте, вблизи органов дыхания человека. Автотранспорт относится к категории передвижных источников, выбросы которых значительно труднее поддаются учету.

По данным ГИБДД на 2016 г., численность автомобильного парка в г. Дубне составляет 54516 единиц автотранспорта, из них: легковые автомобили — 47851, грузовые — 3768. Остальное количество приходится на автобусы, транспортные двухколесные средства и пр. Таким образом, в составе городского автотранспорта преобладают легковые автомобили, на долю которых приходится 87,8 % всего автопарка города. За последние 10 лет численность автотранспорта увеличилась почти втрое.

Большинство транспортных магистралей города проходит в непосредственной близости (15–50 м) от зоны жилой застройки, представленной в основном многоэтажными домами (5–9 этажей).

Исследования по влиянию автотранспорта на окружающую среду г. Дубны ведутся с 1998 г. Изучение проводилось согласно методике [93, 105] в 1998, 2005, 2007, 2013–2014 гг.

Интенсивность, скорость движения и состав транспортного потока, необходимые для оценки воздействия автотранспорта на окружающую среду, фиксировались в результате визуального исследования движения на отдельных участках в период с мая по сентябрь, когда транспортные нагрузки наиболее велики. В это время, в отличие от зимы, широко используется индивидуальный транспорт. Анализ интенсивности движения автотранспорта проводился

на 62 участках наблюдения. Во время наибольшей транспортной активности (8:00–10:00, 13:00–14:30, 17:30–19:00) занималось место у исследуемой магистрали и в течение часа отмечался проезжающий через наблюдаемое сечение дороги транспорт. Таким образом были исследованы все основные магистрали города.

По данным натурных наблюдений 2007 г., в городском транспортном потоке 87 % приходится на долю легковых автомобилей. Средняя интенсивность транспортного потока составляет 378 авт./ч. Наиболее загруженными транспортными развязками являются перекрестки на просп. Боголюбова: с ул. Попова (интенсивность 1091 авт./ч), с ул. Вернова (интенсивность 882 авт./ч). Максимальная интенсивность (1146 авт./ч) отмечалась на перекрестке у ОРСа.

По результатам исследования 2014 г., средняя скорость движения автотранспорта в г. Дубне составляла 40–60 км/ч. Наиболее высокая интенсивность движения автотранспорта (рис. 4.1) зафиксирована на просп. Боголюбова (1683 авт./ч), который является основной транспортной осью правобережной части города, Новом шоссе (1223 авт./ч), являющемся выходом на трассу Дубна–Дмитров–Москва, ул. Жуковского (1188 авт./ч), которая связывает правобережную и левобережную части города, и ул. Молодежная (1125 авт./ч) — основной транспортной оси Институтской части города. Наименее загруженными являются ул. Орджоникидзе (48 авт./ч), Вавилова (154 авт./ч) и Хлебозаводской пер. (194 авт./ч) — районы с относительно невысокой плотностью населения и отсутствием крупных магазинов и промышленных объектов.

За период наблюдения с 1998 по 2014 г. в 78 % участков интенсивность движения автотранспорта значительно возросла. Максимальный рост интенсивности движения отмечается на ул. Понтекорво (924 авт./ч), более 8 раз, что связано со строительством торгово-развлекательного центра, магазинов и точечной застройкой. С развитием предприятий особой экономической зоны в левобережной части города более чем в 4 раза увеличилась интенсивность движения транспорта на ул. Спортивная (248 авт./ч) и ул. Центральная (324 авт./ч). В 3–3,5 раза увеличилась интенсивность движения транспорта на ул. 9 Мая (650 авт./ч), Инженерная (443 авт./ч), а также на просп. Боголюбова (1683 авт./ч). В 2–3 раза повысилась загруженность таких улиц, как Сахарова, Ленина, Мира, Вавилова, Приборостроителей и Блохинцева, Хлебозаводской пер., Новое шоссе [73, 75].

Только в 12 % точек наблюдения интенсивность движения автотранспорта фактически не изменилась (ул. Молодежная, Строителей, Макаренко, Тверская, Хлебозаводской пер.). Хотелось бы отметить, что на довольно загруженной ранее ул. Университетская отмечено незначительное (около 2 раз) увеличение интенсивности (949 авт./ч), что связано с перенаправлением грузового автотранспорта по объездному пути через пр. Энергетиков (789 авт./ч).

Использование кластерного анализа позволило сгруппировать городские улицы по интенсивности движения автотранспорта следующим образом:

1-я группа: просп. Боголюбова — самая используемая магистраль города и застраиваемый район г. Дубны;

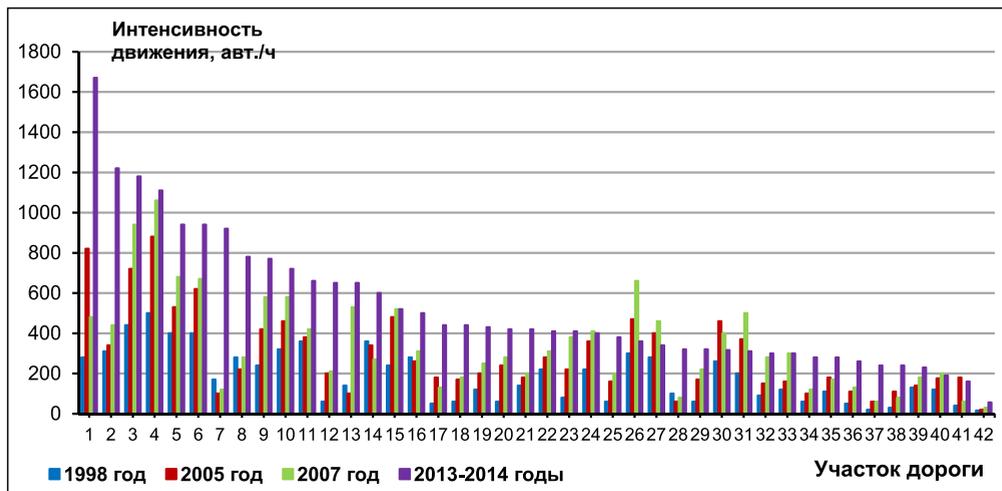


Рис. 4.1. Динамика интенсивности движения автотранспорта на основных магистралях в г. Дубне. Участки дороги: 1 — просп. Боголюбова (БУМ), 2 — Новое шоссе от вокзала «Дубна» до ул. Приборостроителей, 3 — ул. Жуковского (остановка), 4 — ул. Молодежная, 5 — ул. Станционная — ул. Московская, 6 — ул. Университетская, 7 — ул. Понтекорво, 8 — ул. Приборостроителей, 9 — ул. Октябрьская (рядом с автостоянкой), 10 — ул. Вокзальная, 11 — ул. Энтузиастов (от с/к «Руслан» до рынка), 12 — ул. 9 Мая, 13 — ул. Векслера, 14 — ул. Мира (поликлиника), 15 — ул. Строителей, 16 — ул. Попова, 17 — ул. Инженерная, 18 — Хлебозаводской пер. (200 м от пересечения с ул. Кирова), 19 — ул. Кирова (400 м до поста ДПС), 20 — ул. Мичурина, 21 — ул. Сахарова, 22 — ул. Тверская (к ул. Березняка), 23 — ул. Карла Маркса (у больницы), 24 — ул. Тверская (напротив аграрного техникума), 25 — ул. Жуковского (60 м вправо от АЗС), 26 — ул. Макаренко (напротив школы № 1), 27 — ул. Октябрьская (слева от стадиона), 28 — ул. Центральная, 29 — ул. Карла Маркса (напротив школы № 5), 30 — ул. Курчатова (до ул. Ленинградской), 31 — ул. Володарского (магазин «Восход»), 32 — ул. Березняка (напротив школы № 3), 33 — ул. Макаренко (напротив больницы), 34 — ул. Ленина (напротив школы № 10), 35 — ул. Свободы, 36 — ул. Ленина (100 м от пл. Космонавтов), 37 — ул. Спортивная (в районе с/т «Заря-1, 2»), 38 — ул. Блохинцева, 39 — ул. Правды (у «Таверны»), 40 — Хлебозаводской пер. (между ул. Центральная и ул. Карла Маркса), 41 — ул. Вавилова, 42 — ул. Орджоникидзе

2-я группа: ул. Понтекорво, Приборостроителей и Новое шоссе, объединение которых можно объяснить постройкой высотных домов «Фрегат», торговых и развлекательных комплексов в районе Черная речка, объездами просп. Боголюбова и выездом из г. Дубны;

3-я группа: ул. Университетская, Станционная, Московская, Жуковского, Молодежная — центральные магистрали всех районов г. Дубны, если исключить из рассмотрения просп. Боголюбова;

4-я группа: ул. Мира, Попова, Энтузиастов, Октябрьская, Тверская, Вокзальная, Векслера, Строителей, Курчатова, Володарского — улицы селитебной части города с малыми предприятиями бытового обслуживания населения;

5-я группа: ул. Спортивная, Центральная, Инженерная, 9 Мая, Блохинцева, Ленина, Вавилова, Сахарова, Кирова, Свободы, Орджоникидзе, Мичурина, Карла Маркса, Правды, Березняка, Макаренко и пер. Хлебозаводской — улицы спальных районов.

Результаты натурных исследований 1998, 2005, 2007 гг. были использованы в качестве исходных данных для расчета выбросов от автотранспорта в атмосферу в программе «Магистраль-город 2.1» фирмы «Интеграл». Расчеты выбросов выполнялись для следующих вредных веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей: оксид углерода (CO); оксиды азота NO_x (в пересчете на диоксид азота); углеводороды (CH); сажа; диоксид серы (SO); соединения свинца; формальдегид; бенз(а)пирен.

Расчет количества выбросов в атмосферу был построен на основе данных об интенсивности, составе транспортных потоков, длины изучаемого участка и метеорологических условий. При расчете принято, что легковые автомобили, грузовые автомобили грузоподъемностью до 2 т, 2–5 т, микро- и средние автобусы оснащены карбюраторными, а грузовые автомобили грузоподъемностью 10–15 т, более 15 т и большие автобусы — дизельными двигателями. Средняя скорость движения на разных магистралях колеблется в пределах 40–60 км/ч.

С изменением интенсивности движения в период с 1998 по 2007 г. изменилось количество выбросов от автотранспорта. На ул. Ленинградская за исследуемый период произошло увеличение интенсивности движения автотранспорта, в том числе грузового, в 2 раза, что привело к увеличению количества выбросов оксида углерода. Количество выбросов заметно увеличилось на ул. Молодежная, Макаренко, Октябрьская, Кирова, Тверская, Вокзальная. Вместе с тем на некоторых магистралях города отмечается снижение выбросов оксида углерода (ул. Жуковского, Володарского, ж/д переезд на Дмитровском шоссе, ул. Вернова, просп. Боголюбова (БУМ), Новое шоссе).

Количество выбросов диоксида азота снизилось практически на всех магистралях города. Минимальное количество выбросов диоксида азота наблюдалось на ул. Орджоникидзе. Почти в 2 раза уменьшилось количество выбросов на просп. Боголюбова (БУМ), ул. Жуковского. Значительное снижение отмечается на ул. Вернова (от поворота на ул. Понтекорво до просп. Боголюбова), участке просп. Боголюбова — ул. Дачная, ж/д переезде на Дмитровском шоссе. Вместе с тем на ул. Ленинградская отмечено увеличение выбросов с 0,22 до 2,14 кг/ч.

Количество выбросов сажи от автотранспорта в 2007 г. на большинстве дорожных участков города снизилось по сравнению с 1998 и 2005 гг. Максимальное количество выбросов сажи составило 0,0027 кг/ч на ул. Станционная.

По результатам расчета максимальное количество соединений свинца в 2007 г. отмечалось на ул. Ленинградская (0,0324 кг/ч), увеличение отмечается также на ул. Молодежная, Макаренко, Кирова, Станционная. На некоторых дорогах, таких как ул. Володарского, ж/д переезд на Дмитровском шоссе и др., произошло снижение выбросов.

В программе «Эколог-город» были рассчитаны доли ПДК загрязняющих веществ в контрольных точках, выбранных в зависимости от интенсивности

движения автотранспорта в 2007 г. Доли ПДК рассчитывались на основе удельной максимальной приземной концентрации выброса, коэффициента оседания (равен 1,0) и концентраций выбросов (рассчитанных в граммах в секунду).

В 2007 г. отмечались превышения ПДК диоксида азота и соединений свинца. Концентрации соединений свинца, превышающие ПДК в контрольных точках, составляют от 1,2 до 3,1 ПДК, в то время как в 2005 г. максимальное превышение концентрации соединений свинца составляло 1,7 ПДК. Максимальные концентрации отмечены на ул. Жуковского, перекрестке у ОРСа, ул. Молодежная, просп. Боголюбова и на ул. Ленинградская (от переезда до поворота на университет). Концентрации диоксида азота превышают ПДК во всех контрольных точках и составляют от 1,5 до 6,9 ПДК. Максимальные концентрации отмечены на ул. Жуковского, перекрестке у ОРСа, ул. Молодежная, просп. Боголюбова и ул. Ленинградская (от переезда до поворота на университет). Превышений ПДК формальдегида, диоксида серы, сажи, керосина, бензина, бенз(а)пирена, оксида азота и оксида углерода не отмечено. Максимальная концентрация формальдегида в 2007 г. составила $0,0031 \text{ мг/м}^3$, оксида углерода — $0,5 \text{ мг/м}^3$, сажи — $0,0088 \text{ мг/м}^3$, бензина — $0,05 \text{ мг/м}^3$.

На основе данных натуральных исследований, полученных за весь период наблюдения, был составлен прогноз изменения интенсивности движения автотранспорта в г. Дубне. Необходимо отметить, что строительство моста при построении прогноза не учитывалось. Для расчета интенсивности движения автотранспорта и количества выбросов в г. Дубне был использован один из программных продуктов компании SAS (SAS Enterprise Guide 3.0). В качестве прогнозного метода был выбран метод экспоненциального сглаживания, который лучше всего действует для процесса плавающего среднего. Вес наблюдения представляет собой геометрическую (экспоненциальную) функцию от числа периодов, которое отделяет прошлое наблюдение от текущего периода. Была задана линейная степень для модели тенденций. Доверительный уровень метода составляет 95%. Программа позволяет задать вес сглаживания компонентов (параметр сглаживания), а также выбрать из уже заданных констант. Для данного прогноза параметр сглаживания α выбран таким образом, чтобы минимизировать ошибку прогноза, он равен 0,10557.

В качестве переменных для прогнозирования служили данные по интенсивности движения автотранспорта и концентрации выбросов от автотранспорта на основных магистралях города, занесенные в таблицы MS Excel. Были заданы следующие параметры прогноза: число интервалов прогноза — 36, временной интервал между наблюдениями — ежемесячно. В результате были созданы отчеты в форматах HTML и RTF, содержащие таблицы прогнозных данных, графики реальных данных, графики прогнозных данных, включающие реальные значения, 1 шаг прогноза и доверительные пределы прогноза.

По прогнозу, интенсивность движения автотранспорта продолжит увеличиваться практически на всех дорогах города. Интенсивность движения автотранспорта составит более 1000 авт./ч на ул. Жуковского, Молодежная,

Векслера, просп. Боголюбова, более 500 авт./ч — на ул. Макаренко, Октябрьская, Карла Маркса, Володарского, Новом шоссе, Вокзальная, Станционная, Строителей, Университетская. Минимальная интенсивность движения автотранспорта, по прогнозу, составит 32 авт./ч на ул. Орджоникидзе. Также была спрогнозирована величина выбросов от автотранспорта в г. Дубне по функции «простое прогнозирование». В качестве прогнозного метода был выбран метод экспоненциального сглаживания. Прогнозные данные показали, что увеличится количество выбросов от автотранспорта практически во всех районах г. Дубны. Выбросы диоксида азота увеличатся на ул. Макаренко, Карла Маркса, Вокзальная, Энтузиастов-1, Приборостроителей, Новом шоссе. На остальных дорогах города выбросы диоксида азота, по прогнозным расчетам, снизятся, но при этом в большинстве случаев сохранится превышение ПДК. Количество выбросов оксида углерода на ул. Ленинградская может увеличиться в 6 раз — до 57,85 кг/ч, таким образом, концентрация оксида углерода в атмосферном воздухе города будет превышать ПДК в 1,5 раза, если не принять меры. Концентрация бензина, бенз(а)пирена, формальдегида, по прогнозным данным, также возрастет, но при этом не превысит ПДК.

В 2013–2014 гг. был проведен анализ растительности вдоль основных автомагистралей города. Пробы растительного материала отбирали методом укуса на площади 1 × 1 м на расстоянии от автодорог 1 м. Наземную часть травяного покрова срезали острым ножом или ножницами, не засоряя почвой. Если нижняя часть растения была загрязнена почвой, растения срезали на 3–6 см выше поверхности почвы. После высушивания пробы растительности минерализовали в автоклаве, а затем анализировали на содержание тяжелых металлов методом атомной абсорбции.

По данным Б. И. Ильина [62], содержание тяжелых металлов в растительности на незагрязненных почвах (усредненные данные) составляет для Pb — 4,1 мг/кг; Cu — 9,9 мг/кг; Ni — 8,1 мг/кг; Cd — 0,78 мг/кг; Zn — 53,3 мг/кг.

Результаты исследования показали, что повышенные содержания тяжелых металлов (Pb, Cu, Ni, Cd, Zn) наблюдаются на Новом шоссе (Pb — 18,10 мг/кг, Cu — 22,89 мг/кг, Cd — 0,32 мг/кг, Ni — 4,25 мг/кг, Zn — 12,7 мг/кг) и просп. Боголюбова (Pb — 17,9 мг/кг, Cu — 23,6 мг/кг, Cd — 0,33 мг/кг, Ni — 4,25 мг/кг, Zn — 12,72 мг/кг). Повышенное содержание **свинца и меди** отмечено также на ул. Энтузиастов (Pb — 6,67 мг/кг, Cu — 16,14 мг/кг), Понтекорво (Pb — 11,6 мг/кг, Cu — 16,07 мг/кг), Вокзальная (Pb — 6,20 мг/кг, Cu — 20,01 мг/кг), Станционная (Pb — 17,87 мг/кг, Cu — 19,14 мг/кг), Университетская (Pb — 7,52 мг/кг, Cu — 20,34 мг/кг). Повышенное содержание **никеля** отмечено на ул. Станционная (3,54 мг/кг), Понтекорво (2,02 мг/кг); **кадмия** — на ул. Станционная (0,38 мг/кг), Правды (0,28 мг/кг), 9 Мая (0,26 мг/кг), Университетская и Понтекорво (0,26 мг/кг); **цинка** — на ул. Понтекорво (3,35 мг/кг), Вокзальная (6,35 мг/кг), Университетская (7,12 мг/кг), Моховая (8,34 мг/кг), в районе пересечения ул. Курчатова и ул. Ленинградская (12,23 мг/кг).

Таким образом, в 28 % исследованных проб отмечено превышение содержания свинца (относительно растительности на незагрязненных почвах),

в 25 % — превышение содержания меди. Для никеля, кадмия и цинка превышения не обнаружены.

Проведенный корреляционный анализ при $P = 0,95$ показал значимую зависимость между концентрациями Cu–Pb ($r = 0,87$), Pb–Cd ($r = 0,76$), а также Cu–Cd ($r = 0,75$), что указывает на единый источник поступления. Содержание тяжелых металлов в растительности коррелирует с интенсивностью движения на исследуемых участках ($r = 0,89$).

Одной из главных проблем урбанизированных территорий в весенний период является смет транспортно-дорожного комплекса. Авторами были проведены исследования по изучению состава смета транспортно-дорожного комплекса г. Дубны и определение его класса опасности для окружающей среды.

Пробы смета были отобраны после таяния снега в период весенней уборки дорог в апреле 2016 и 2017 гг. Точки пробоотбора располагались в правобережной части города на автодорогах с разной интенсивностью движения и включали как основные, так и второстепенные дороги. Пробы отбирались с дорожного полотна вблизи мест массовых скоплений людей (остановки общественного автотранспорта, детские сады, пешеходные переходы). Каждая проба представляла собой смешанный образец, составленный из 5 точечных проб смета, накопившегося за зимний период. Общая масса каждого образца равнялась 1 кг. Всего было отобрано 30 проб смета (рис. 4.2).

В зимний период на территории города в качестве противогололедного средства используется песчано-соляная смесь, состоящая на 90 % из песка и на 10 % из технической соли. При этом для изготовления смеси используются пески из близлежащих карьеров, которые имеют большое содержание пылевой и глинистой фракции. Реагент в виде песчано-соляной смеси



Рис. 4.2. Карта-схема точек пробоотбора смета транспортно-дорожного комплекса в правобережной части г. Дубны

считается оптимальным и безопасным для обработки автодорог в малых и средних городах. Снег, являясь депонирующей средой, аккумулирует в себе поллютанты за весь зимний период, и после таяния снега они накапливаются в дорожном смете. В городе весенняя уборка автодорог производится при помощи специализированной коммунально-уборочной и грузовой техники. Собранный смет транспортируют на площадку, расположенную в черте города (ул. Университетская, 19), где его складывают и хранят в течение неопределенного времени. Дальнейшую судьбу смета авторам выяснить не удалось.

Образцы смета были проанализированы на следующие показатели: рН, удельная электрическая проводимость, плотный остаток водной вытяжки, хлорид-ион, содержание нефтепродуктов. Также в образцах было определено содержание тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности (Pb, Cd, Zn, Cu) в различных формах нахождения: валовых (разложение с помощью микроволновой системы пробоподготовки МС-6), кислоторастворимых (1 н. HNO_3) и подвижных (ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8). Измерения проводились методом атомной абсорбции. Оценка опасности смета для окружающей среды проводилась путем сравнения полученных результатов с гигиеническими нормативами для почв населенных мест (так как смет в большом количестве аккумулируется на городских газонах). В качестве нормативов для валовых форм были приняты ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) согласно ГН 2.1.7.2511-09 [36], в мг/кг: Pb — 32, Zn — 55, Cd — 0,5, Cu — 33; для подвижных форм — предельно допустимые концентрации согласно ГН 2.1.7.2041-06 [35], в мг/кг: Pb — 6, Zn — 23, Cu — 3, Ni — 4.

Результаты исследования показали, что смет транспортно-дорожного комплекса г. Дубны представляет собой дисперсную массу серого цвета, образованную главным образом в результате применения в зимний период песчано-соляной смеси в качестве антигололедного реагента, а также накопления пыли (в результате выбросов выхлопных газов от автотранспорта, износа элементов транспортных средств и дорожного полотна, эрозии грунтовых частиц и др.). По компонентному составу смет в основном представлен супесью, растительными остатками и иными включениями (стекло, полиэтилен, гравий и т. д.).

Смет имеет щелочную реакцию среды: рН 7,2–9,2, в среднем 8,9. Подщелачивание связано с хлоридами кальция и натрия, которые входят в состав противогололедных реагентов, используемых для посыпки тротуаров и дорог в зимний период, а также поступлением щелочных и щелочноземельных элементов с выбросами автотранспорта и износом дорожного покрытия. Другой причиной может являться высвобождение кальция из различных обломков, кирпича, строительного мусора, цемента, имеющих щелочную среду.

Значения удельной электропроводности смета составили 78,3–187,1 мкСм/см в среднем 116,3 мкСм/см, что согласуется с показателями электропроводности дорожной пыли для улиц Москвы со схожей интенсивностью транспортного потока. Плотный остаток водной вытяжки в процентах от абсолютно сухой навески составил 0,21–0,41, в среднем 0,31; содержание хлорид-ионов в процентах от абсолютно сухой навески составило 0,016–0,028, в среднем 0,018. Аномальных областей по содержанию

солей выявлено не было, все значения распределены довольно равномерно. В настоящее время для смета отсутствуют нормативы, регламентирующие степень засоленности, вместе с тем по содержанию солей исследованный смет можно характеризовать как слабозасоленную среду. Длительное нахождение такого смета на поверхности почвы может приводить к засолению последних и ухудшению условий произрастания зеленых насаждений вдоль дорог города.

Развитие процессов засоления и солонцеватости, не характерных для гумидных ландшафтов, отмечается в городских почвах в результате применения противогололедных реагентов, содержащих хлоридно-натриевые соли. Проектное покрытие на газонах в части, примыкающей к дорожному полотну, в весенний период часто не превышает 20–50%. В условиях промывного водного режима происходит растворение солей, миграция в глубь почвенного профиля в нижележащие горизонты, и это может стать причиной коррозии и разрушения подземных коммуникаций.

Особый интерес представляет содержание в смете тяжелых металлов и нефтепродуктов. Результаты исследования представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Средние значения содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в образцах смета с автодорог г. Дубны, мг/кг

Элемент	Форма нахождения		
	Валовая	Кислоторастворимая (1 н. HNO ₃)	Подвижная (ААБ рН 4,8)
Pb	9,76 ± 0,68	5,07 ± 0,52	3,15 ± 0,32
Zn	16,0 ± 0,82	8,62 ± 0,43	6,02 ± 0,55
Cd	0,076 ± 0,007	0,025 ± 0,003	0,018 ± 0,002
Cu	5,79 ± 0,44	3,55 ± 0,36	1,68 ± 0,28
Нефтепродукты	1395 ± 79		

Результаты исследования содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu) в дорожном смете показали, что ни в одной пробе не установлено превышений санитарно-гигиенических нормативов (ОДК) для валовых форм, однако содержание подвижных форм меди незначительно превышает ПДК (в 1,1–1,6 раза) во всех пробах смета, отобранных на просп. Боголюбова. Валовая форма характеризует общее загрязнение смета тяжелыми металлами. Концентрация свинца (Pb) варьирует от 4,34 до 15,9 мг/кг, среднее значение составляет 9,76 мг/кг. Концентрация цинка (Zn) варьирует от 9,63 до 23,4 мг/кг, среднее значение составляет 16,0 мг/кг. Концентрация кадмия (Cd) варьирует от 0,02 до 0,16 мг/кг, среднее значение составляет 0,076 мг/кг. Концентрация меди (Cu) варьирует от 1,47 до 10,6 мг/кг, среднее значение составляет 5,79 мг/кг. Концентрация нефтепродуктов в пробах смета варьирует от 734 до 1984 мг/кг, в среднем составляет 1395 мг/кг, что выше допустимого уровня загрязнения для почв.

Максимальные концентрации всех исследованных тяжелых металлов и нефтепродуктов отмечаются в смете, отобранном на просп. Боголюбова — наиболее загруженной автомагистрали, причем на всем его протяжении наблюдаются самые высокие концентрации. Доля подвижных форм относительно валовых варьирует в широких пределах: для Pb — от 5 до 82 %, в среднем 31 %; для Zn — от 4 до 64 %, в среднем 36 %; для Cd — от 3 до 61 %, в среднем 22 %; для Cu — от 1 до 61 %, в среднем 25 %.

Все исследованные металлы между собой имеют сильную корреляционную связь: $r = 0,70-0,93$ при $P = 0,95$, причем такая корреляция наблюдается для всех форм нахождения металлов (валовой, кислоторастворимой, подвижной). Также сильная корреляционная связь ($r = 0,69-0,93$ при $P = 0,95$) выявлена для валовых форм исследованных тяжелых металлов и нефтепродуктов.

При сопоставлении показателя интенсивности движения автотранспорта с концентрацией металлов и нефтепродуктов выявлена парная корреляционная связь, зависимость действительна для всех форм нахождения металлов. Для валовых форм самый высокий коэффициент корреляции при $P = 0,95$ установлен для Pb — 0,98, нефтепродуктов — 0,92 и Cd — 0,9, несколько ниже коэффициент корреляции для Zn — 0,89 и Cu — 0,76. Столь высокие коэффициенты корреляции указывают на единый источник поступления поллютантов в дорожный смет. Этим источником является автотранспорт.

Дорожный смет при несвоевременной уборке неизбежно попадает на придорожные участки. Как показали исследования почв городских газонов, примыкающих к дорожному полотну, проводившиеся авторами ранее, проективное покрытие на большинстве исследованных участков составляет не более 60 %, в растительном покрове доминирующую роль играют сорные виды (одуванчик, подорожник, лебеда и др.). Почвы устойчиво более щелочные (рН 7,9–8,2) по сравнению с естественными ненарушенными почвами рекреационных территорий города (рН 3,1–4,2) [78], характеризуются крайне низкой обеспеченностью питательными элементами (содержание P_2O_5 2,1–4,2 мг/100 г почвы, K_2O — 2,9–7,6 мг/100 г почвы), низким содержанием гумуса (2,3–4,1 %). Более 30 % исследованных почв характеризуются умеренной токсичностью.

Одной из проблем является утилизация дорожного смета. Согласно федеральному классификационному каталогу отходов дорожный смет имеет название: мусор и смет уличный, код 7 31 200 01 72 4; данный вид отхода образуется в результате чистки и уборки территории городских и сельских поселений.

Был проведен расчет определения класса опасности смета для окружающей среды. Для расчета принимались максимальные концентрации. Согласно расчетам по степени негативного воздействия на окружающую среду смет относится к V классу опасности. Однако для присвоения отходу V класса опасности (неопасные отходы) необходимо проведение биотестирования. При отсутствии результатов биотестирования (не менее чем на двух тест-объектах) отходу присваивается IV класс опасности.

Своевременная уборка и удаление смета препятствует увеличению пылевой нагрузки вдоль автомагистралей, выпадению загрязняющих веществ на придорожную полосу и является обязательной для создания комфортных условий проживания и сохранения здоровья человека в городе. Даже частичное попадание смета на почвы и зеленые насаждения придорожных территорий приводит к снижению экологических функций городских почв, ухудшению качества зеленых насаждений и нарушению функционирования урбоэкосистемы в целом.

Глава 5

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Город Дубна находится во втором водоохранном поясе источников водоснабжения г. Москвы (СанПиН 2.1.4.1110-02). Водные объекты в черте города: р. Волга, р. Дубна, р. Сестра, Ивановское водохранилище, канал им. Москвы, озера — Б. Лебяжье, М. Лебяжье (в парке семейного отдыха), Суглинок и др. Водные объекты г. Дубны имеют судоходное, рыбохозяйственное, хозяйственно-питьевое и рекреационное назначение. Река Волга является источником питьевого водоснабжения г. Дубны. Ивановское водохранилище, р. Волга и канал им. Москвы имеют стратегическое значение, являясь источником питьевого водоснабжения г. Москвы.

В гидрогеологическом отношении территория города принадлежит к бассейну р. Волги. Реки г. Дубны относятся к типу равнинных рек с преимущественно снеговым питанием — 60%, а также подземным — 20–25% и дождевым — 15–20%.

Реки Волга, Дубна, Сестра являются рыбохозяйственными водными объектами. Общая характеристика рек представлена в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Общая характеристика рек г. Дубны [68]

Река	Куда впадает	Длина реки в пределах области, км	Площадь бассейна в пределах области, тыс. км ²	Среднегодовой расход воды, м ³ /с	Расход при 95%-й обеспеченности, м ³ /с
Волга	Каспийское море	9	7,0*	—	—
Дубна	Волга	137	5,1	10,2	—
Сестра	Дубна	138	2,6	1220,0	258,0
* Без бассейна р. Оки.					

Река Волга в пределах города простирается от плотины Ивановского водохранилища до Ратминской стрелки в северном и северо-восточном направлении, длина этого участка реки 9 км. Сток р. Волги в пределах г. Дубны зарегулирован, уровень воды находится выше естественного уровня.

Река Дубна вместе с р. Москвой, Окой, Клязьмой и Пахрой входит в число самых крупных рек Московской области. Река Дубна впадает в р. Волгу в 9 км ниже плотины, на границе с Кимрским районом. Русло р. Дубны про-

стирается в северо-западном направлении. Общая длина р. Дубны составляет 165 км, ширина — 70–74 м, глубина — 4 м. По всей длине река принимает воды мелких ручьев [25].

В районе деревни Карманово в 11 км от устья в р. Дубну впадает р. Сестра. Река Сестра вытекает из оз. Сенеж и имеет северо-восточное простираие. Ширина русла реки составляет 39–70 м, глубина — 2–3 м. По левому борту р. Сестры в нее впадает ручей Понюшенский и ряд мелких водотоков. В нижнем течении река пересекает канал им. Москвы. В месте пересечения р. Сестра заключена в трубу, пропущенную под дном канала им. Москвы [25].

Реки Дубна и Сестра имеют слабовыраженные поймы. Русла их сильно извилистые, много меандров, берега пологие и низкие, сильно заболоченные, возвышаются только на 1–3 м над уровнем воды. В долинах рек много стариц и торфяниковых болот. Берега покрыты кустарниковой и лесной растительностью. Течение рек очень медленное, скорость не превышает 0,3–0,5 м/с. Основным источником питания рек являются талые снеговые воды. Типом питания определяется и многолетний режим рек. Во время снеготаяния происходит весеннее половодье, которое может продолжаться от одного до полутора месяцев. Пик половодья нередко держится до трех дней. Строительство с нарушением водоохранного законодательства приводит к тому, что объекты застройки, в том числе септики дачных поселков, в паводковый период находятся в зоне подтопления. Сильное подтопление наблюдалось в период весеннего паводка 2013 г.

В летнее время, когда реки питаются только дождевыми и грунтовыми водами, наблюдается межень (низкое стояние вод). В период сильных ливневых и затяжных дождей возникают кратковременные паводки. В осенний период уровень воды повышается в результате затяжных дождей и малого уровня испарения. Для зимнего времени характерна устойчивая межень. Низкий уровень воды в зимний период вызван тем, что реки питаются только грунтовыми водами. Во второй половине ноября реки окрестностей Дубны покрываются льдом. Период ледостава составляет 140–150 дней. В течение зимы толщина льда нарастает и в конце зимы составляет 50–80 см. Вскрытие рек происходит главным образом в начале апреля, и уже в середине апреля реки освобождаются ото льда. Ледоход длится от 2 до 10 дней [25].

В черте г. Дубны у Ивановского водохранилища начинается канал им. Москвы, соединяющий р. Волгу с р. Москвой. Канал им. Москвы построен в 1937 г. в целях водоснабжения г. Москвы и смежных областей, санитарного обводнения рек и водно-транспортного соединения столицы с р. Волгой и пятью морями Европейской части страны. Канал общей протяженностью 128 км представляет собой комплекс водохранилищ, обеспечивает поднятие и переброску 1,5 млрд³ волжской воды в год. За счет подачи волжской воды из Ивановского водохранилища по каналу обеспечивается около 70 % современной потребности в воде Москвы и Подмосковья [67].

Для контроля за состоянием поверхностных вод в рамках государственного мониторинга в г. Дубне расположен один пост — на Ивановском водохранилище [67].

На территории Московской области наблюдения за состоянием водохозяйственных систем и сооружений осуществляют в основном их владельцы и водопользователи. Качество поверхностных вод р. Волги и р. Дубны, Ивановского водохранилища и канала им. Москвы контролируется лабораториями ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Московской области» (ФБУЗ «ЦГиЭМО»), АО «ПТО ГХ», испытательной экоаналитической лабораторией ФГБУ «Центррегионводхоз» и испытательной промышленно-санитарной лабораторией ОИЯИ (ИПСЛ ОИЯИ). Расположение точек контроля вод, осуществляемого различными организациями города, показано на рис. 5.1.

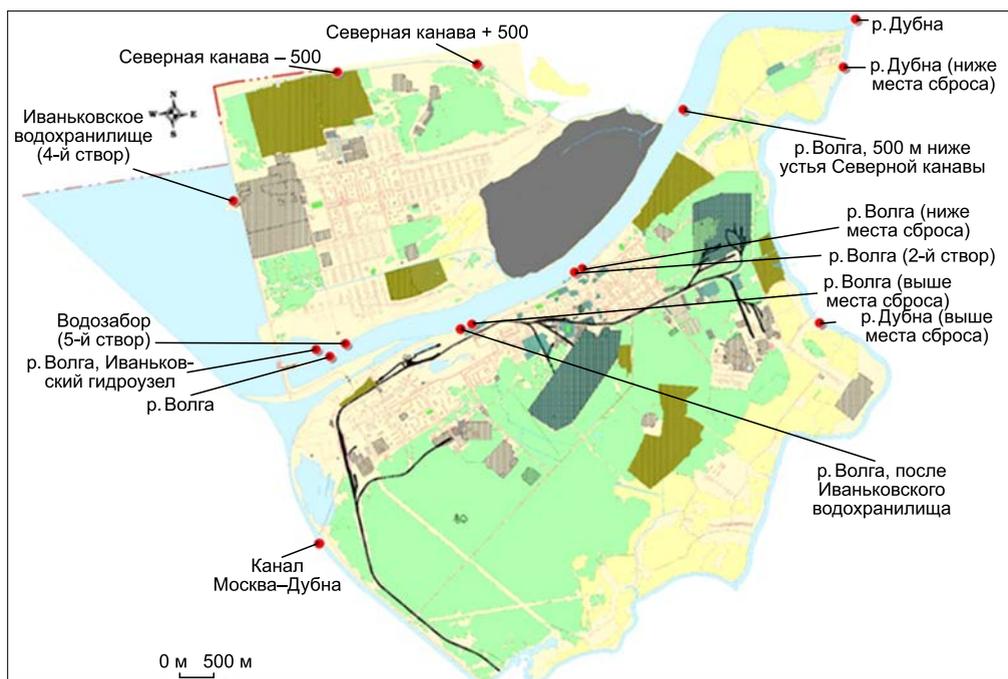


Рис. 5.1. Расположение точек контроля поверхностных вод в г. Дубне (по данным АНО «РЭЦ "Дубна"»)

ФБУЗ «ЦГиЭМО» осуществляет контроль в трех створах от четырех до четырнадцати раз в год, до 2009 г. — в восьми створах. В водоемах первой категории количество точек наблюдения снижено с четырех до двух, в водоемах второй категории — с четырех до одной. ФБУЗ «ЦГиЭМО» при контроле за качеством вод использует нормативы для водоемов питьевого назначения, превышений санитарно-гигиенических норм практически нет [73].

Лаборатории АО «ПТО ГХ» осуществляют контроль ежемесячно в р. Волге в месте водозабора и в Северной канаве (выше и ниже места сброса сточных вод).

Испытательная экоаналитическая лаборатория ФГБУ «Центррегионводхоз» осуществляет контроль ежеквартально в канале им. Москвы, в верхнем

и нижнем бьефе Ивановского водохранилища, в р. Волге в 500 м ниже устья Северной канавы, в р. Дубне.

ИПСЛ ОИЯИ ведет наблюдения ежеквартально в р. Волге выше и ниже места сброса сточных вод, два раза в год в р. Дубне выше и ниже места сброса сточных вод.

До 2012 г. вся информация от лабораторий поступала в АНО «Региональный экологический центр "Дубна"» (АНО «РЭЦ "Дубна"»), где обрабатывалась и анализировалась. Результаты анализа данных за 2009–2012 гг. представлены на рис. 5.2–5.9. Анализ накопленных данных проводился с использованием нормативов для водоемов рыбохозяйственного назначения. Использовались осредненные по годам концентрации, нули обозначают отсутствие данных.

Для всех городских водоемов характерны повышенные уровни цветности (рис. 5.2): в среднем от 2 до 3 ПДК с максимумом 9,1 ПДК в водах р. Дубны. Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа.



Рис. 5.2. Динамика цветности поверхностных вод г. Дубны, доли ПДК (по данным АНО «РЭЦ "Дубна"»)

В водах р. Волги, Ивановского водохранилища, канала им. Москвы, р. Дубны, Северной канавы выявлены стабильные превышения ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения железа общего, фосфатов, азота аммонийных солей, азота нитритного. Достаточно часто отмечаются превышения ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения алюминия, реже меди, БПК₅ и ХПК. В водах р. Волги, канала им. Москвы и р. Дубны периодически фиксируются повышенные уровни марганца и нефтепродуктов. По данным ФБУЗ «ЦГиЭМО», в р. Волге и в нижнем бьефе Ивановского водохранилища концентрации фенолов и гексахлорциклогексана поднимаются до уровня ПДК.

Высокий уровень содержания фосфатов (от 4,1 до 6,2 ПДК) за весь период наблюдения отмечается в Ивановском водохранилище. В водах Северной канавы с 2009 г. отмечается снижение содержания фосфатов с 6,8 до 1,1 ПДК

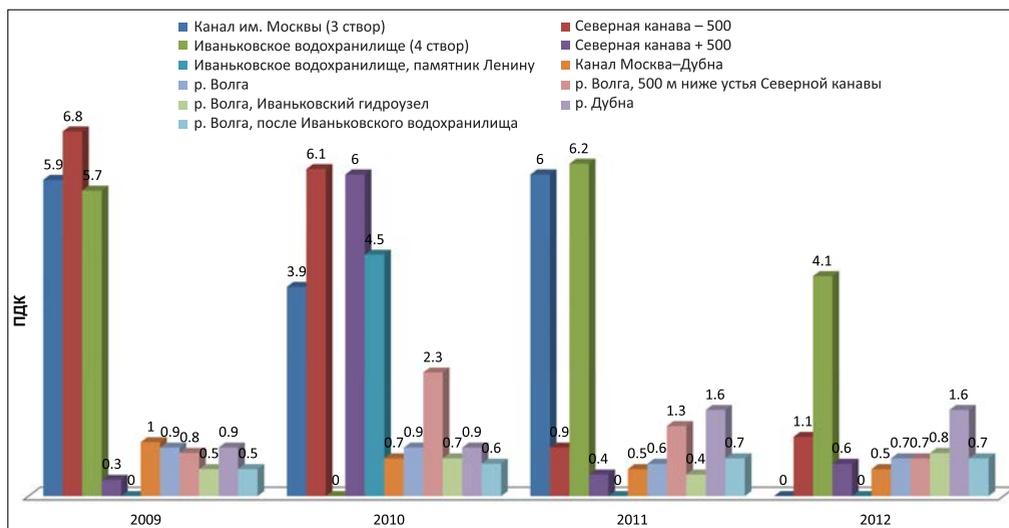


Рис. 5.3. Динамика загрязнения поверхностных вод г. Дубны фосфатами, доли ПДК (по данным АНО «РЭЦ "Дубна"»)

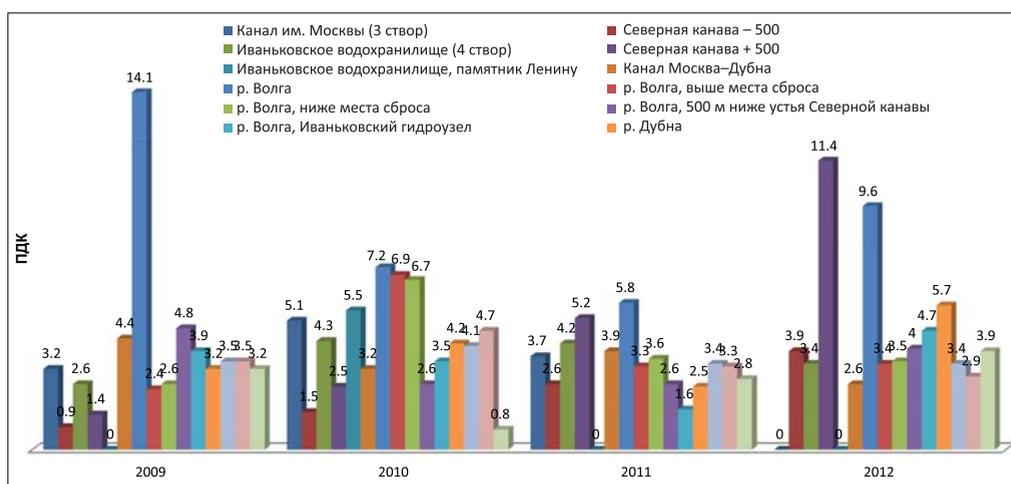


Рис. 5.4. Динамика загрязнения поверхностных вод г. Дубны железом общим, доли ПДК (по данным АНО «РЭЦ "Дубна"»)

(рис. 5.3), что связано со снижением общего объема сброса сточных вод. Превышение ПДК железа общего (рис. 5.4) отмечается во всех точках контроля. Максимальные концентрации наблюдаются в водах Северной канавы (более 11 ПДК) и в р. Волге (14,1 ПДК). Содержание нитритного азота, значительно превышающее ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения (рис. 5.5), выявлено в 2009 г. в водах Иваньковского водохранилища (9,8 ПДК) и канала им. Москвы (9,9 ПДК), в 2010 и 2012 гг. — в водах Северной канавы (5,0 и 5,8 ПДК соответственно). Незначительное превышение ПДК нитритного азота отмечается в водах р. Дубны. Превышение ПДК иона аммония стабиль-

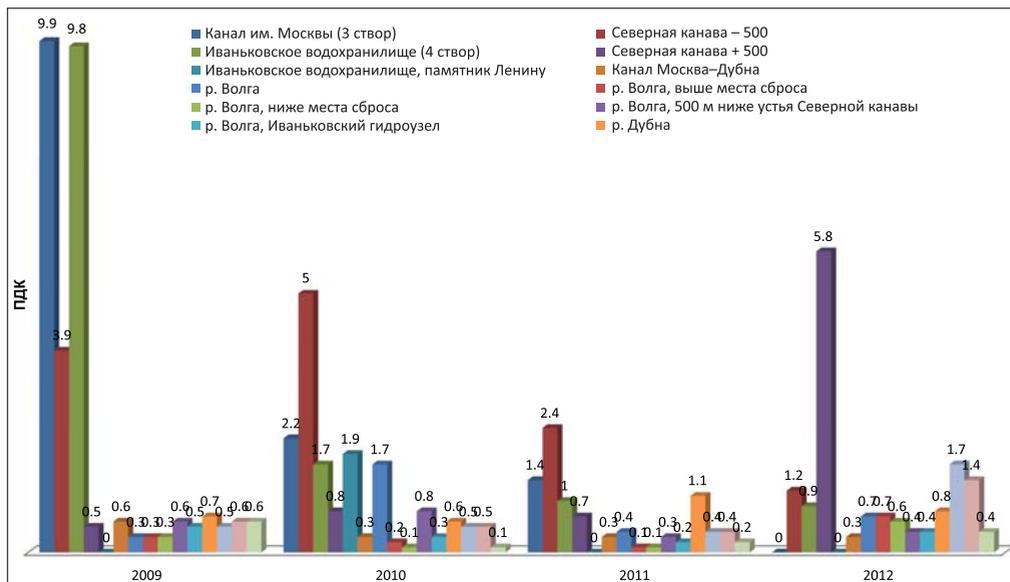


Рис. 5.5. Динамика загрязнения поверхностных вод г. Дубны нитратами, доли ПДК (по данным АНО «РЭЦ "Дубна"»)

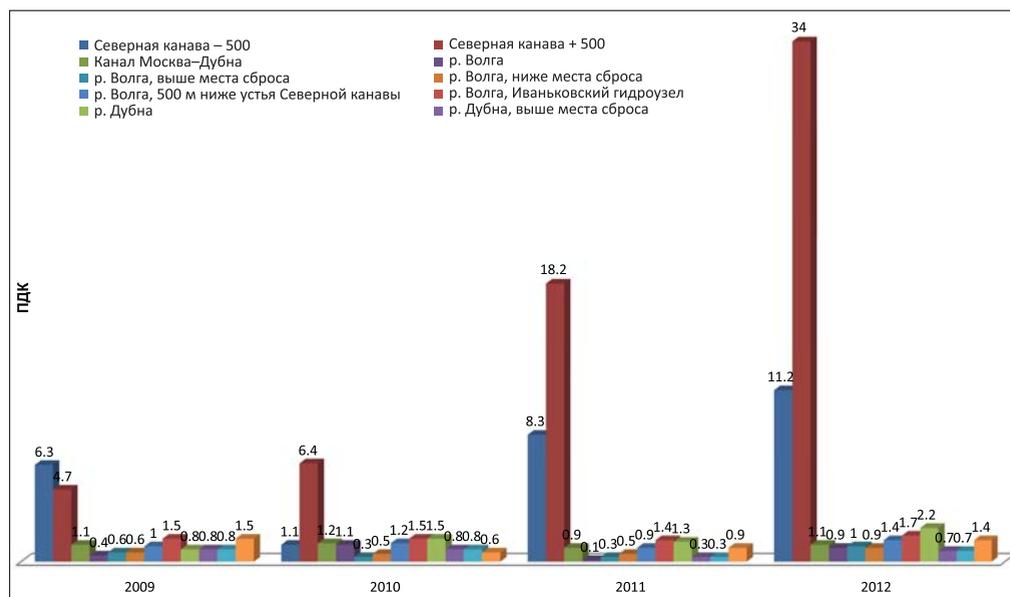


Рис. 5.6. Динамика загрязнения поверхностных вод г. Дубны ионом аммония, доли ПДК (по данным АНО «РЭЦ "Дубна"»)

но фиксируется в водах Северной канавы (рис. 5.6). Максимальное превышение (34 ПДК) зафиксировано в 2012 г., что указывает на недостаточную степень очистки сточных вод с городских очистных сооружений. Превышение ПДК алюминия отмечается в большинстве анализируемых водных объектов

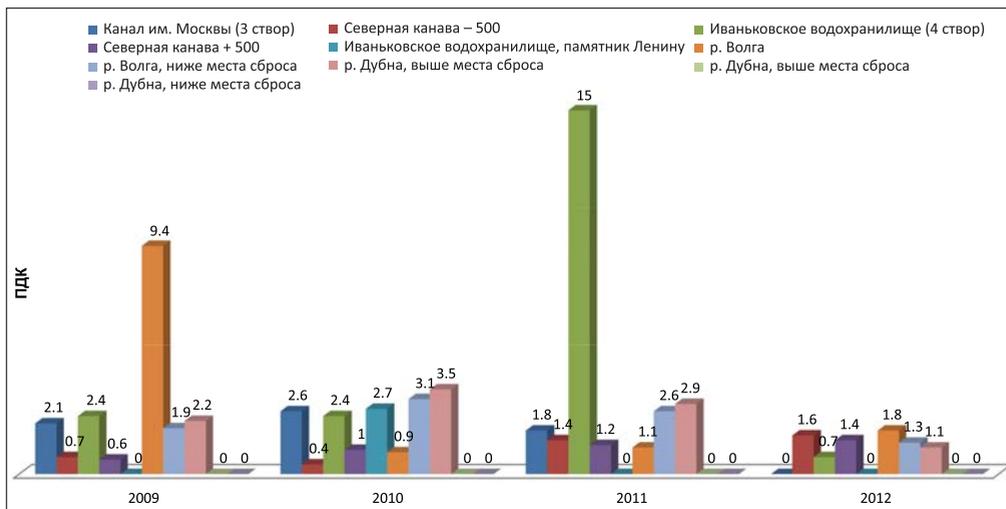


Рис. 5.7. Динамика загрязнения поверхностных вод г. Дубны алюминием, доли ПДК (по данным АНО «РЭЦ "Дубна"»)



Рис. 5.8. Динамика загрязнения поверхностных вод г. Дубны марганцем, доли ПДК (по данным АНО «РЭЦ "Дубна"»)

(рис. 5.7). Наибольшие превышения отмечены в Иваньковском водохранилище и р. Волге. Концентрация марганца, превышающая ПДК, отмечается во всех водных объектах (рис. 5.8). Максимальная концентрация, зафиксированная за весь период наблюдения, составляет 35,7 ПДК. Превышение ПДК нефтепродуктов для водоемов рыбохозяйственного значения выявляется результатами лабораторных анализов всех контролирующих организаций города (рис. 5.9). Высокое содержание нефтепродуктов отмечается в водах р. Дубны (7,2 ПДК) и Северной канавы (> 4 ПДК). Незначительное превышение отмечается в водах канала им. Москвы и Иваньковского водохранилища. Высокое содержание нефтепродуктов в водах р. Дубны и р. Сестры вызвано активным использованием в рекреационных целях маломерного моторного транспорта.



Рис. 5.9. Динамика загрязнения поверхностных вод г. Дубны нефтепродуктами, доли ПДК (по данным АНО «РЭЦ "Дубна"»)

По данным многолетних наблюдений ФБУЗ «ЦГиЭМО» (2011–2017 гг.), качество воды Иваньковского водохранилища (нижний бьеф), р. Дубны и р. Сестры по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИЗВ) соответствует третьему (очень загрязненные воды) и четвертому (грязные воды) классу качества.

Наиболее загрязненные водоемы в черте г. Дубны — р. Дубна и Северная канава. Основными загрязняющими веществами Северной канавы являются так называемые бытовые загрязнители: азот нитритный и аммонийных солей, фосфаты. В р. Дубне отмечаются превышения ПДК марганца, железа, цветности. Наиболее чистыми водными объектами являются канал им. Москвы и Иваньковское водохранилище. Повышенные уровни содержания железа общего, марганца и алюминия связаны с природными особенностями водосборного бассейна (высокая степень заболоченности). Водосбор Иваньковского водохранилища и р. Волги на рассматриваемой территории представляет собой заболоченные участки, поэтому поверхностный сток в водоем состоит преимущественно из вод болотного происхождения.

В значительной степени загрязнение поверхностных вод связано с антропогенной деятельностью, в том числе с нарушением водоохранного законодательства. Примером является строительство Российского центра программирования, начатое в 2007 г. в пойме р. Волги. Территория, отведенная под строительство, частично расположена в водоохранной зоне (ВОЗ — 500 м) и прибрежной защитной полосе (ПЗП — 100 м) р. Волги. Проект защитной дамбы общей протяженностью 7905 м с придамбовым дренажом для защиты района Российского центра программирования в Дубне, разработанный институтом «Геостройпроект» в 2009 г. и получивший положительное заключение ФГУ «Главгосэкспертиза России», не был реализован. Отсутствие защитной дамбы привело к затоплению территории в период весеннего паводка 2013 г., что способствовало смыву загрязняющих веществ с прибрежной территории. Строительство защитной дамбы, начатое только в 2014 г., неоднократно приостанавливалось [96]. В настоящее время работы возобновлены, а сдача объекта в эксплуатацию назначена на IV квартал 2020 г.

Водные объекты в городе играют важное рекреационное значение. Наличие большого количества водоемов обеспечивает возможность заниматься

разнообразными видами отдыха и спорта. Водоемы Дубны активно используются в целях рекреации как местным населением, так и жителями окрестных дачных поселков. При рекреационном использовании водных объектов для многих видов отдыха на первый план выходит состояние воды водоема. Исследование влияния рекреационной нагрузки проводили на наиболее посещаемых пляжах: р. Волги, Ивановковского водохранилища и оз. Лебяжье. Отбор проб воды осуществлялся по трем профилям (в центральной части пляжа, слева и справа от пляжа). Отбор проб воды проводился у уреза воды, на глубине 0,8 м и на глубине 1,8–2 м. Пробы воды были отобраны в поверхностном слое в 9:00 и 15:00–16:00 (во время максимальной рекреационной нагрузки). Одновременно фиксировалось количество загорающих, количество купающихся, температура воздуха и температура воды. На берегу были отобраны смешанные пробы почв и пляжного грунта.

Химический анализ проб воды был проведен в отделении Конаковского института водных проблем и в эколого-аналитической лаборатории государственного университета «Дубна» по общепринятым методикам. Вода анализировалась на содержание SO_4^{2-} , O_2 , HCO_3^- , $\text{Ca}+\text{Mg}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_2^- , NO^- , PO_4^{3+} , $\text{P}_{\text{общ}}$, Cl^- . Также определялось значение pH, растворенный кислород, цветность, БПК₅, ХПК. Пробы грунта с пляжей были проанализированы на содержание токсичных веществ (Pb, Cu, Zn, As, Hg, бенз(а)пирен), степень кислотности, плотность.

Результаты исследований, проводившихся в течение трех лет (2002–2004 гг.), свидетельствуют о том, что отрицательные экологические последствия влияния рекреационного природопользования на аквальные и береговые зоны водных объектов г. Дубны нарастают. Прежде всего это связано с низким благоустройством мест массового отдыха, а также отсутствием программы комплексного рекреационного освоения водоемов. Несмотря на то, что все водные объекты находятся в одной природно-климатической зоне, рекреационная нагрузка на отдельные пляжи сильно различается. Максимальное количество отдыхающих за весь период наблюдения зафиксировано на городском пляже р. Волги — 800 человек, на оз. Лебяжье — 500 человек, на пляже Ивановковского водохранилища — 300 человек.

При интенсивной рекреационной нагрузке происходит уменьшение значения pH, увеличение содержания растворенного кислорода, повышение биохимического потребления кислорода за пять дней, увеличение числа биогенных элементов (фосфора, азота), ухудшение органолептических свойств воды (табл. 5.2).

В местах высокой плотности отдыхающих наблюдается переуплотнение почвенного покрова. В верхних горизонтах плотность увеличивается с 2,4–2,5 до 2,7–2,8 г/см³. Содержание загрязняющих веществ за период наблюдения возросло более чем в два раза. По ряду показателей (бенз(а)пирен, цинк) концентрация достигает уровня гигиенических нормативов (ПДК/ОДК для почв населенных мест) (табл. 5.3).

Таблица 5.2. Показатели качества воды в рекреационных объектах г. Дубны

Объект	pH	O ₂	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	P _{общ} , мг P/ дм ³	NH ₄ ⁺ , мг N/ дм ³	БПК ₅ , мг O ₂ / дм ³	Цвет- ность, градусы
			Mg ²⁺					
мг/дм ³								
Городской пляж р. Волги (n = 12). Время 9:00	7,56	5,41	2,5	16,31	0,067	0,47	1,41	100
Городской пляж р. Волги (n = 12). Время 15:00–16:00	7,31	5,67	2,6	13,63	0,080	0,38	2,15	100
Городской пляж Иваньковского водохранилища (n = 6). Время 9:00	6,97	9,6	2,1	30,0	0,017	0,40	4,04	120
Городской пляж Иваньковского водохранилища (n = 6). Время 15:00–16:00	7,60	10,8	2,2	34,0	0,040	0,49	4,66	110
Оз. Лебяжье (n = 7). Время 9:00	7,18	—	1,3	11,53	0,010	0,06	—	—
Оз. Лебяжье (n = 7). Время 15:00–16:00	7,10	—	1,4	14,21	0,015	0,07	—	—

Таблица 5.3. Содержание загрязняющих веществ в почвах, мг/кг

Место пробоотбора	Бенз(а)пирен	Zn	Pb	Cu	Hg	As
Ненарушенный лес	0,003–0,005	14–20	10–12	3,4–4,4	0,08–0,12	0,09–1,0
В зоне влияния городских пляжей	0,008–0,02	42–110	17–20	7,8–12,0	0,11–0,6	1,0–1,5

Рекреационное освоение Иваньковского водохранилища столь значительно, что отмечаются признаки рекреационной дигрессии разных стадий [74]. Река Волга и оз. Лебяжье более устойчивы к рекреационной нагрузке, поэтому они являются перспективными для рекреационного освоения и развития как отдельных видов отдыха, так и их сочетаний.

Глава 6

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

На территории г. Дубны почвенный покров отличается неоднородностью. Естественными почвами города являются дерново-подзолистые почвы с разной степенью выраженности гидроморфизма, приуроченные к рекреационным зонам городских лесов и лесопарков. Почвы селитебной и промышленных зон города сформированы на насыпных грунтах (урбаноземы). Уровень подсыпки в некоторых местах составляет до 8 м. Для благоустройства и озеленения города с момента его основания использовался плодородный грунт, вывозимый с сельскохозяйственных участков, а также торф с близлежащих окрестностей. В последнее время для улучшения качества городских почв газонов и цветников и для благоустройства новостроек используют также компостные смеси, получаемые на городских очистных сооружениях [73].

Почвенная индикация и картографирование является одним из основных методов оценки экологического состояния городов. Почва выполняет ряд экологических функций, качество выполнения этих функций зависит от многих факторов, но в первую очередь от экологического состояния почвы.

Антропогенные нарушения почвенного покрова приводят к нарушениям и деградации всего природного комплекса, что в конечном итоге создает угрозу здоровью и жизни человека в городе [141, 42]. Под влиянием растущего загрязнения почва частично или полностью утрачивает устойчивость к внешнему воздействию.

Почва является наиболее чувствительным индикатором геохимической обстановки, поскольку находится на пересечении всех транспортных путей миграции химических элементов и является депонирующей средой. Антропогенная, т. е. вторичная, составляющая почв формируется главным образом за счет антропогенного поступления пылевых частиц, аэрозолей, растворенных форм элементов и соединений различного происхождения, и, как следствие, самый верхний почвенный горизонт несет основную информацию о техногенном воздействии.

Занимая центральное место в биосфере и являясь начальным звеном всех трофических цепей, загрязненная почва может стать источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха, водоемов, подземных вод, продуктов питания растительного происхождения и кормов животных и тем самым влиять на эколого-гигиеническую обстановку в целом.

Существенно меняется в городских условиях кислотность почв. В химическом составе выбросов большинства предприятий городов, а также ТЭЦ

преобладает твердое вещество, дающее щелочную или нейтральную реакции. Наибольшее воздействие от загрязнителей испытывают почвы в промышленных зонах. Исследования показали, что чем больше расстояние от источников выбросов, тем выше кислотность верхних горизонтов и меньше разница в значениях рН между верхними и нижними горизонтами [152, 166, 24, 141].

Металлы сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся. Период полуудаления тяжелых металлов варьирует для различных элементов, но составляет весьма продолжительные периоды времени. Например, для цинка (Zn) — от 70 до 510 лет; для кадмия (Cd) — от 13 до 1100 лет; для меди (Cu) — от 310 до 1500 лет и для свинца (Pb) — от 740 до 5900 лет [78].

В основе оценки состояния городских почв лежит сопоставление их загрязненности с фоновыми аналогами. Это достигается расчетом коэффициента концентрации химических элементов K_c , показывающего, во сколько раз содержание элемента в городских почвах выше его содержания в фоновых почвах. Значение K_c рассчитывается по формуле

$$K_c = \frac{C_i}{C_{i\phi}},$$

где C_i — содержание i -го элемента в точке опробования, $C_{i\phi}$ — содержание i -го элемента на фоновом участке.

Для экологической и санитарно-гигиенической оценки загрязнения почв используется значение предельно допустимой концентрации, а при ее отсутствии — значение ориентировочно допустимой концентрации соответствующего элемента, полученные экспериментально. При отсутствии детальных исследований фоновой ландшафтно-геохимической структуры территории в качестве фоновых показателей можно использовать кларки элементов в литосфере.

Химическое загрязнение почв металлами, согласно [90] и [92], оценивается по суммарному показателю загрязнения Z_c . Данный показатель является интегральным. Суммарный показатель загрязнения Z_c рассчитывается по формуле

$$Z_c = \Sigma(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1),$$

где K_{ci} — коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения, n — число определяемых веществ.

Полученные таким образом показатели позволяют как оценить территориальные различия в распространенности загрязнения почв, так и учесть интенсивность и степень опасности этого явления. Распространение техногенного загрязнения по площади устанавливается посредством эколого-геохимического картирования. Составляются как моноэлементные карты, на которых изолиниями или сплошным фоном показаны зоны загрязнения отдельными элементами, так и карты суммарного загрязнения почв города несколькими элементами по значениям показателя Z_c . При составлении карт и проведении итоговой оценки учитывается как природная характеристика почв,

так и функциональное назначение территории (селитебная, промышленная, коммунально-складская зона и пр.).

На территории г. Дубны было проведено исследование почв и оценка их экологического состояния. Необходимо отметить, что, несмотря на то, что регулярная сеть пробоотбора была заложена в 2001 г. [10], такое масштабное исследование состояния почв с равномерным охватом всей городской территории в Дубне проводилось впервые (до этого почвы исследовались только в отдельных районах и на небольших участках). В связи с этим в монографии представлена максимально полная экологическая характеристика почв на территории города.

По равномерной случайно-упорядоченной сетке с охватом всех функциональных зон города (промышленной, селитебной, рекреационной и сельскохозяйственной) было отобрано 47 проб почвы (2008 г.) (рис. 6.1). Отбор почвенных проб осуществлялся в соответствии со следующими нормативными документами: ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб» [39]; ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» [40]; МУ 2.1.7.730-99 «Методические указания. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» [92].

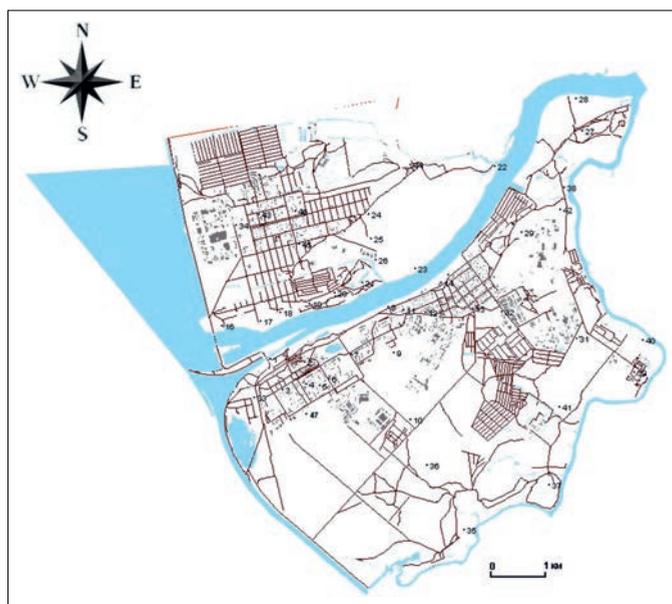


Рис. 6.1. Расположение точек пробоотбора почв на территории г. Дубны

Пробы почв были отобраны из верхнего горизонта (0–10 см — для городских земель; 0–20 см — для сельскохозяйственных земель); каждая проба представляла собой смешанный образец (из 5 точечных проб), отобранный с площадки 10 × 10 м методом «конверта». На каждой пробной площадке отбирался средний образец почвы массой не менее 1 кг. Смешанные образцы

помещались в полиэтиленовые пакеты с сопроводительным талоном в соответствии с требованием ГОСТ 17.4.4.02-84 [40]. Описание места пробоотбора, дата, время, глубина и другие сведения регистрировались на месте в полевом журнале.

Точки пробоотбора были нанесены на электронную карту с использованием картографических программ MapInfo и ArcGIS.

Для последующей корректной оценки экологического состояния почв была отобрана проба на фоновом участке. В качестве фонового был выбран район, расположенный на окраине города, не имеющий промышленных объектов и испытывающий минимальное антропогенное влияние, — район Ратмино.

После отбора пробы почв были доставлены в химическую лабораторию для дальнейшего исследования. Почвы высушивались при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Подготовленные воздушно-сухие пробы были помещены в матерчатые мешочки для хранения и дальнейшего химического анализа.

Количественный химический анализ (КХА) образцов почвы проводили по следующим показателям: водородный показатель (рН), гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, содержание органического углерода (по методу Тюрина), содержание тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd, Cu, Ni) в 1 н. HNO₃ вытяжке методом атомной абсорбции [8, 133].

Все исследования проводились в аккредитованной лаборатории эколого-аналитического центра Международного университета природы, общества и человека «Дубна» по стандартным методикам. Полученные результаты были обработаны методами математической статистики с использованием программных пакетов Statistica 6.0 и Microsoft Excel. Для каждого показателя подсчитывались основные параметры: среднее значение (\bar{X}), медиана (*Med*), мода (*Mo*), максимум (*Max*), минимум (*Min*), дисперсия (*D*), стандартное отклонение (σ), ошибка среднего ($S_{\bar{X}}$), асимметрия (K_a), эксцесс (*E*), также был проведен корреляционный анализ [50, 51, 60, 94].

Для оценки степени загрязнения почв г. Дубны полученные данные сравнивались с фоновыми значениями и гигиеническими нормативами для почв населенных мест [35, 36]. Одной из главных характеристик геохимической антропогенной аномалии является ее интенсивность, которая определяется степенью накопления элемента-загрязнителя по сравнению с природным фоном. В настоящее время для количественной оценки загрязнения тяжелыми металлами почв используют фоновые значения для почвенного покрова средней полосы России, официально принятые в СП 11-102-97 [150] (табл. 6.1). Предложенные значения были приняты в качестве регионального фона.

Помимо фона, приведенного в указанном документе, полученные данные оценивались относительно значений в фоновой точке на территории города в районе Ратмино (местный фон).

Оценка состояния почв проводилась по следующим общепринятым геохимическим показателям: коэффициент концентрации химических элементов K_c и суммарный показатель загрязнения Z_c . Оценка уровня химического загрязнения почв проводилась по суммарному показателю загрязнения Z_c в соответствии с рекомендациями по геохимической оценке загрязнения тер-

Таблица 6.1. Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов в почве средней полосы России, мг/кг [150]

Почвы	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	6	28	0,05	8	6
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	15	45	0,12	15	30

ритории городов химическими элементами [91]. Также проводилась оценка степени опасности загрязнения почв, учитывающая класс опасности веществ и их ПДК (ОДК) в соответствии с гигиеническими требованиями к качеству почв населенных мест [100] (табл. 6.2).

Таблица 6.2. Критерии оценки степени загрязнения почв неорганическими веществами [100]

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
Класс опасности вещества	1-й класс	2-й класс	3-й класс
$> K_{\max}^*$	очень сильная	очень сильная	сильная
От ПДК до K_{\max}	очень сильная	сильная	средняя
От 2 фоновых значений до ПДК	слабая	слабая	слабая
<i>Примечание.</i> * $K_{\max} = C/\text{ПДК}$, где K_{\max} — максимальное значение допустимого уровня содержания элемента; C — фактическая концентрация элемента в почве, мг/кг; ПДК — предельно допустимая концентрация элемента в почве.			

Гигиеническая оценка компонентов окружающей среды, базирующаяся на основе национальных нормативов (ПДК (ОДК)), уже давно подвергается критике [3, 59, 131]. Это в первую очередь связано с тем, что в ряде регионов страны фоновые содержания многих химических веществ, прежде всего тяжелых металлов, близки или даже выше их нормативных концентраций. Так, например, по исследованиям В. Е. Закруткина [58], в пределах Ростовской области установлено, что ПДК свинца, оцениваемая в 30–32 мг/кг, явно занижена по сравнению с фоновыми концентрациями элемента в почвах региона. Фоновое же содержание мышьяка в почвах Ростовской области — 14–18 мг/кг — значительно превышает норму содержания элемента, установленную на уровне 2 мг/кг. А если принять рекомендуемую ПДК ванадия, равную 150 мг/кг, то окажется, что большая часть юга России загрязнена этим элементом.

Для оценки уровня содержания тяжелых металлов в почве г. Дубны данные, полученные в результате химического анализа, сравнивались со шкалой экологического нормирования, часто применяемой в аналогичных исследованиях (табл. 6.3) [104, 58, 131].

По данным, полученным в результате химического анализа проб, построены картосхемы распределения концентраций всех исследованных элементов и показателей в почве на территории г. Дубны при помощи программных

Таблица 6.3. Шкала экологического нормирования содержания тяжелых металлов для почв со слабокислой и кислой реакцией, мг/кг [104, 58, 131]

Градации	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni
Уровень содержания					
Очень низкий	< 5	< 0,05	< 15	< 5	< 10
Низкий	5–10	0,05–0,10	15–30	5–15	10–20
Средний	10–35	0,10–0,25	30–70	15–50	20–50
Повышенный	35–70	0,25–0,50	70–100	50–80	50–70
Высокий	70–100	0,50–1,00	100–150	80–100	70–100
Уровень загрязнения					
Низкий	100–150	1–2	150–200	100–150	100–150
Средний	150–500	2–5	200–500	150–250	150–300
Высокий	550–1000	5–10	500–1000	250–500	300–600
Очень высокий	> 1000	> 10	> 1000	> 500	> 600

комплексов Integro (версия Grin View 2.0) и ArcGIS (версия 9.3). Программа Integro (версия Grin View 2.0) — геоинформационная система, ориентированная на решение задач исследования природных ресурсов и охраны окружающей среды. При построении эколого-геохимических карт используются различные методы математической интерполяции. В данной работе при построении картосхем изолиний в качестве метода интерполяции был использован метод *b*-сплайн.

Статистические показатели основных химических характеристик почв г. Дубны представлены в табл. 6.4.

В исследуемых почвах наблюдается широкое варьирование значений pH — от 3,1 до 8,2 (см. табл. 6.4). Основная часть почв города характеризуется слабощелочной и щелочной реакцией среды — 47% от общего числа проб имеют значение в диапазоне от 7,0 до 8,2. Слабощелочные и щелочные почвы отмечаются в центральной части города, непосредственно испытывающей антропогенное воздействие в промзонах и зонах селитебной застройки. Наиболее низкие значения pH — от 3,1 до 4,2 — отмечены в рекреационных

Таблица 6.4. Статистические показатели основных химических характеристик почв г. Дубны ($n = 47$, $P = 0,95$)

Показатель	\bar{X}	Med	Mo	Min	Max	D	σ	$S_{\bar{X}}$	K_a	E
pH	6,22	6,70	7,50	3,10	8,20	2,32	1,52	0,22	-0,63	-0,97
Гумус, %	4,0	3,71	3,90	0,30	12,10	5,38	2,32	0,35	1,85	4,66
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	3,79	1,81	0,44	0,32	28,90	33,25	5,77	0,89	2,92	9,53
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	21,52	17,5	4,5	4,5	47,5	194,76	13,96	2,04	0,46	-1,18

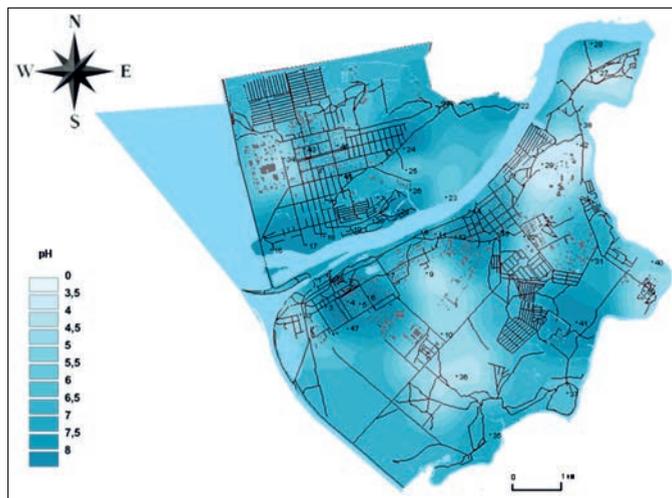


Рис. 6.2. Распределение pH_{KCl} почв на территории г. Дубны

лесопарковых зонах, это почвы, практически не измененные в результате антропогенной деятельности и максимально приближенные к естественным зональным дерново-подзолистым почвам (рис. 6.2) [76].

Для дерново-подзолистых почв (естественных зональных почв данного района) характерна кислая реакция среды — по всему профилю отмечается значение pH 3,0–5,0 и высокая (20–70 %) ненасыщенность основаниями. Содержание гумуса может достигать 7–9 %, но падение его содержания с глубиной очень резкое, а в составе гумуса преобладают фульвокислоты. Верхние горизонты дерново-подзолистых почв обеднены полуторными окислами и обогащены кремнеземом [132].

Для городских почв одним из диагностических признаков является сдвиг реакции среды в сторону щелочных значений, особенно это характерно для крупных городов [103, 104, 129, 98, 12, 18]. Высокие значения pH в городских почвах большинство авторов связывает с попаданием на поверхность почвы антигололедных реагентов и строительного-бытового мусора, изменяющих кислую реакцию среды на щелочную, губительную для древесной растительности. Повышение кислотности до значений, близких к нейтральным, благоприятствует росту большинства растений и способствует росту активности микроорганизмов, а также связыванию некоторых растворимых соединений тяжелых металлов. Подщелачивание городских почв ведет к накоплению тяжелых металлов в верхних горизонтах, такие почвы служат геохимическим барьером для многих тяжелых металлов, что предотвращает их дальнейшую миграцию в грунтовые воды. Однако подщелачивание может привести к образованию труднорастворимых форм некоторых элементов питания и микроэлементов, а начиная со значений pH 8–9 делает почву непригодной для роста растений [129].

Содержание гумуса в почвах г. Дубны колеблется от 0,3 до 12,1 % (см. табл. 6.4). В соответствии с классификацией Л. А. Гришиной и Д. С. Ор-

лова [47] большая часть исследованных почв характеризуется степенью гумусности от очень низкой ($< 2\%$) до средней (4–6%), 53% исследованных почв относятся к почвам с низким содержанием гумуса (2–4%). В почвах отмечается широкое варьирование значений гидролитической кислотности — от 0,32 до 28,90 мг-экв/100 г почвы (см. табл. 6.4). В 52% исследованных проб значения лежат в диапазоне от 0,32 до 2,0 мг-экв/100 г почвы. Наиболее высокие значения гидролитической кислотности (> 10 мг-экв/100 г почвы) отмечены в лесопарковых зонах в правобережной части города (район Ратмино, Козлаковский лес, лесопарк на ул. Мичурина), где почвы представлены естественными дерново-подзолистыми почвами. Сумма поглощенных оснований также варьирует в широком диапазоне — от 4,5 до 47,5 мг-экв/100 г почвы (см. табл. 6.4); 51% проб имеют сумму поглощенных оснований до 20 мг-экв/100 г почвы, 34% проб находятся в диапазоне значений от 20 до 40 мг-экв/100 г почвы и 15% имеют значения > 40 мг-экв/100 г почвы. Более высокие значения имеют в основном почвы, приуроченные к селитебным зонам правобережной части города, а также в районе коттеджного поселка на берегу р. Волги в левобережной части города; скорее всего, это связано с привнесением кальция со строительным мусором при планировке территории и активном строительстве. Степень насыщенности почв основаниями — важный показатель для характеристики поглотительной способности почвы и степени ее устойчивости к антропогенному и техногенному воздействию.

Схожие данные были получены при исследовании конструкторземов (почв на искусственно целенаправленно создаваемых грунтах) на территории Москвы и Московской области [23].

Таким образом, в целом по химическим показателям почвы г. Дубны условно можно разделить на две группы:

1) почвы рекреационных зон, которые имеют кислую реакцию среды (рН 3,1–4,2), низкое и среднее содержание гумуса, высокие значения гидролитической кислотности (> 10 мг-экв/100 г почвы) и пониженную степень насыщенности основаниями (20–50%);

2) почвы селитебной и промышленных зон, которые отличаются слабощелочной и щелочной реакцией среды (рН 7,0–8,2), низким содержанием гумуса (2–4%), низкой гидролитической кислотностью и высокой степенью насыщенности основаниями (85–99%).

В настоящее время наиболее актуальной является проблема загрязнения городской среды тяжелыми металлами. Опасность загрязнения почв усугубляется тем, что химическое загрязнение длительное время может не проявляться в силу высокой буферности почв. Однако до настоящего времени лишь незначительное количество работ было посвящено изучению содержания тяжелых металлов в малых и средних городах с малоразвитой промышленностью.

В почвах г. Дубны ни в одной пробе не выявлено превышения гигиенического норматива ОДК (ПДК) ТМ для почв населенных мест. В соответствии с МУ 2.1.7.730-99 с учетом класса опасности почвы г. Дубны относятся к слабой степени загрязнения неорганическими веществами.

Анализ данных показал, что содержание в почве свинца (Pb), цинка (Zn) и никеля (Ni) на территории города ниже регионального фона (см. табл. 6.1). По содержанию кадмия (Cd) в 64 % случаев наблюдается превышение регионального фона до 2 раз и в 8 % — от 3 до 4 раз. По содержанию меди (Cu) в 6 % случаев наблюдается превышение регионального фона до 2 раз.

Для оценки влияния техногенной нагрузки г. Дубны на экологическое состояние почв было проведено сопоставление концентраций элементов в пробах почв со значениями местного фона, что позволило выявить значительную неоднородность по содержанию тяжелых металлов в почвах города. В качестве фоновых концентраций для почв г. Дубны (район Ратмино) были приняты следующие значения (мг/кг): Pb — 1,43; Zn — 2,28; Cd — 0,012; Cu — 0,14; Ni — 0,60.

Статистические показатели содержания тяжелых металлов в почвах г. Дубны представлены в табл. 6.5.

Таблица 6.5. Статистические показатели содержания тяжелых металлов в почвах г. Дубны, мг/кг ($n = 47$, $P = 0,95$)

Элемент	\bar{X}	Med	Min	Max	D	σ	$S_{\bar{X}}$	K_a	E
Pb	2,15	1,86	0,50	5,67	1,58	1,26	0,18	1,48	1,82
Zn	6,23	5,47	0,43	20,54	20,03	4,48	0,65	1,53	2,66
Cd	0,09	0,08	0,01	0,28	0,00	0,05	0,01	1,15	2,21
Cu	1,80	1,04	0,09	17,91	9,93	3,15	0,46	3,99	16,99
Ni	1,14	0,99	0,17	4,98	0,68	0,83	0,12	2,66	10,00

Анализ полученных статистических параметров показал, что среднее и медиана имеют различные значения, зачастую значительно различные. Асимметрия и эксцесс также подтверждают, что распределения данных по всем показателям отклоняются от нормального распределения. При этом все рассматриваемые значения показателей являются достоверными и представляют определенный интерес. Наиболее показательной описательной статистикой является медиана, и именно она самым достоверным образом отражает положение центра вариационного ряда по всем показателям [50, 51, 60, 94]. Таким образом, при дальнейшем анализе в качестве среднего по всем показателям принималось значение медианы.

В исследованных почвах концентрация **свинца (Pb)** колеблется в диапазоне от 0,50 до 5,67 мг/кг (см. табл. 6.5). Средняя концентрация по городу составляет 1,86 мг/кг. Распределение содержания свинца в почвах на территории г. Дубны представлено на картосхеме (рис. 6.3, а).

Анализ пространственного распределения свинца в почве показал, что на территории города выделяются четыре района с относительно высокими значениями. В районе туннеля концентрация свинца составляет 5,54 мг/кг, что в 3,9 раза превышает фоновое значение. Данный район характеризуется повышенной транспортной нагрузкой, так как в течение длительного времени туннель являлся единственным способом транспортного сообщения между левобережной и правобережной частями города. В левобережной части

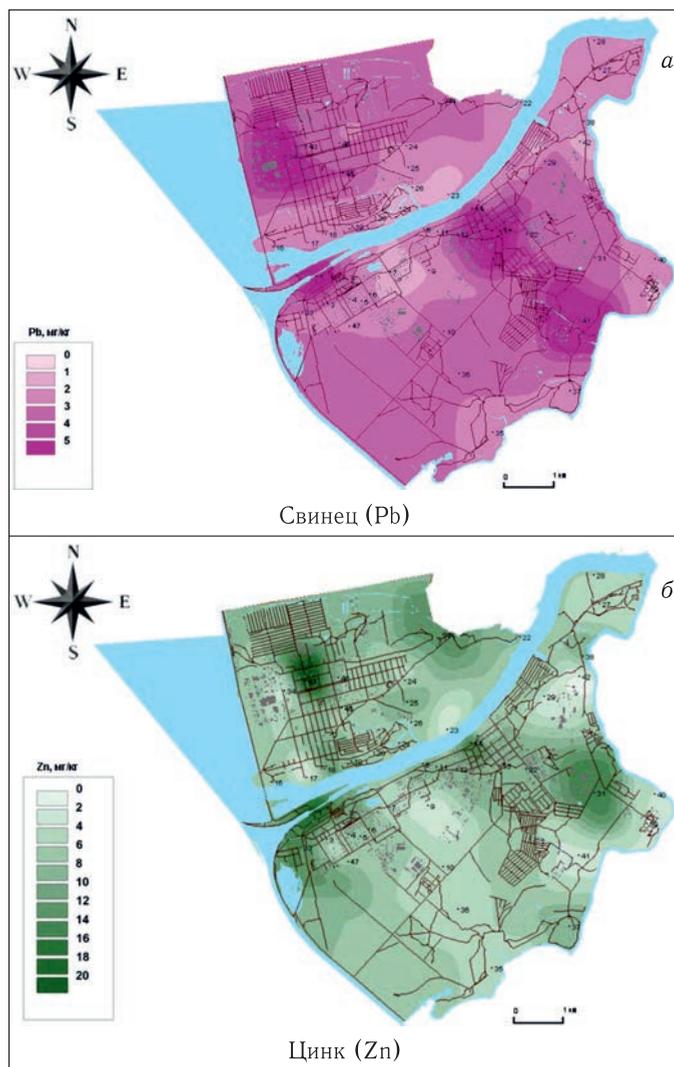


Рис. 6.3. Распределение содержания свинца (а) и цинка (б) в почвах г. Дубны, мг/кг

города в парке, непосредственно прилегающем к промплощадке, на которой располагаются промышленные предприятия машиностроительного комплекса (ГосМКБ «Радуга», Дубненский машиностроительный завод, «Апекс» и др.), концентрация свинца составляет 5,67 мг/кг, что в 4 раза превышает фон. В правобережной части города в зоне селитебной застройки в районе ул. Моховая концентрация свинца имеет значение 5,41 мг/кг, что в 3,8 раза превышает фоновое значение. Данный район является старой частью города, южнее точки пробоотбора располагается промплощадка Объединенного института ядерных исследований и железнодорожный вокзал. На берегу р. Дубны на бывших сельскохозяйственных угодьях (пашни) содержание свинца несколько ниже и составляет 4,95 мг/кг, что 3,5 раза выше фона.

По шкале экологического нормирования [104, 58, 131] большая часть городской территории (96 % отобранных проб) относится к очень низкому уровню содержания ($< 5,00$ мг/кг), 4 % проб имеют низкий уровень содержания (5–10 мг/кг) свинца в почве.

В исследованных почвах концентрация **цинка (Zn)** колеблется в широких пределах — от 0,43 до 20,54 мг/кг. Средняя концентрация по городу составляет 5,47 мг/кг (см. табл. 6.5). Распределение содержания цинка в почвах на территории г. Дубны представлено на картосхеме (рис. 6.3, б).

Анализ пространственного распределения цинка в почве на территории города показал, что четко выделяются три района, где отмечаются максимальные значения. В правобережной части города в рекреационной зоне содержание цинка составляет 20,54 мг/кг, что в 9 раз выше фона. По архивным данным, это места бывших несанкционированных свалок ТБО пос. Большая Волга, также рядом проходит ул. Энтузиастов, долгое время являвшаяся одной из главных автомагистралей города. В левобережной части города в селитебной зоне концентрация цинка составляет 19,69 мг/кг, что в 8,6 раза выше фона; в районе туннеля — 16,17 мг/кг, что в 7,1 раза выше фона. Как уже отмечалось выше, данный район является местом сосредоточения транспортного потока с момента образования города.

По шкале экологического нормирования почвы практически на всей территории города характеризуются очень низким содержанием (< 15 мг/кг) цинка в почве. В 4 % отобранных проб отмечается низкое содержание (15–30 мг/кг).

Концентрация **кадмия (Cd)** в исследованных почвах составляет от 0,012 до 0,275 мг/кг. Среднее содержание по городу 0,08 мг/кг. Распределение содержания кадмия в почвах г. Дубны представлено на картосхеме (рис. 6.4, а).

Анализ пространственного распределения содержания кадмия в почве показал, что на территории города выделяются три локальных очага с относительно повышенным содержанием. В правобережной части города на берегу р. Волги концентрация составляет 0,275 мг/кг, что в 22,9 раза выше фонового значения. Второй локальный очаг выделяется в левобережной части города в районе ул. Спортивная около современного Конгресс-центра, концентрация кадмия имеет значение 0,203 мг/кг, что в 16,9 раза выше фона. Почвы данного района ранее относились к землям сельскохозяйственного назначения. Третий локальный очаг с концентрацией кадмия 0,156 мг/кг отмечается в левобережной части города в парке, непосредственно прилегающем к промплощадке, на которой располагаются промышленные предприятия машиностроительного комплекса. В данном районе также отмечалось повышенное содержание свинца.

Обращает на себя внимание значительное превышение содержания кадмия относительно фоновой концентрации, в 60 % случаев фон превышен более чем в 5 раз.

По шкале экологического нормирования почвы г. Дубны по содержанию кадмия отличаются своей неоднородностью: 23 % имеют очень низкий уровень ($< 0,05$ мг/кг); 43 % — низкий (0,05–0,1 мг/кг); 32 % — средний (0,1–0,25 мг/кг) и 2 % — повышенный уровень (0,25–0,5 мг/кг).

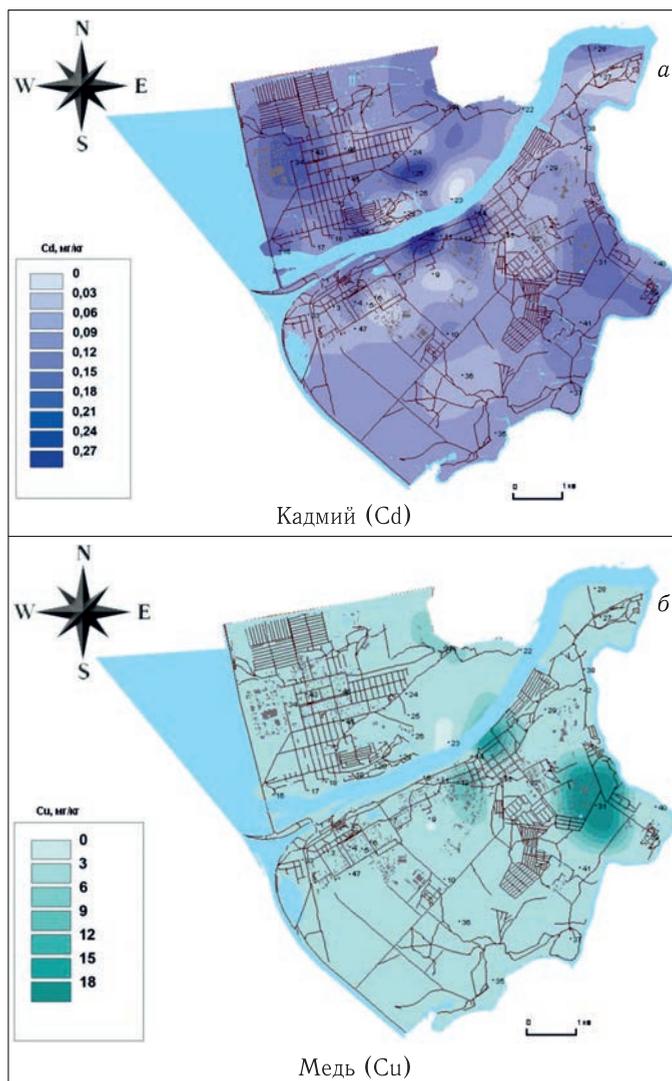


Рис. 6.4. Распределение содержания кадмия (а) и меди (б) в почвах г. Дубны, мг/кг

В исследуемых почвах концентрация **меди (Cu)** колеблется в широких пределах — от 0,09 до 17,91 мг/кг (см. табл. 6.5) Средняя концентрация по городу составляет 1,04 мг/кг. Распределение содержания меди в почвах на территории города представлено на картосхеме (рис. 6.4, б).

Анализ данных показал, что практически на всей территории города содержание меди в почве не превышает 3 мг/кг. Выделяются три локальных очага с относительно высоким содержанием. В правобережной части города на ул. Дружбы содержание меди достигает максимального значения и составляет 17,91 мг/кг, что в 128 раз выше фона. В данном районе располагается промзона «Александровка», где сосредоточен ряд промышленных предпри-

ятий различного профиля. В правобережной части города в районе парка на ул. Векслера концентрация меди 12,11 мг/кг, что в 86 раз выше фона, в районе Центральной котельной в Институтской части города — 8,32 мг/кг, что в 59,6 раза превышает фон.

Необходимо отметить, что на территории города содержание меди в почвах значительно превышает местное фоновое значение — в 66 % случаев отмечается превышение фона в 5 раз, в 25 % — в 10 раз, ситуация сходна с содержанием кадмия.

По шкале экологического нормирования практически вся территория города характеризуется очень низким содержанием (< 5,0 мг/кг) меди в почве.

Концентрация **никеля (Ni)** в почве города колеблется в широких пределах — от 0,17 до 4,98 мг/кг (см. табл. 6.5). Средняя концентрация по городу составляет 0,99 мг/кг. Распределение содержания никеля в почвах на территории города представлено на картосхеме (рис. 6.5).

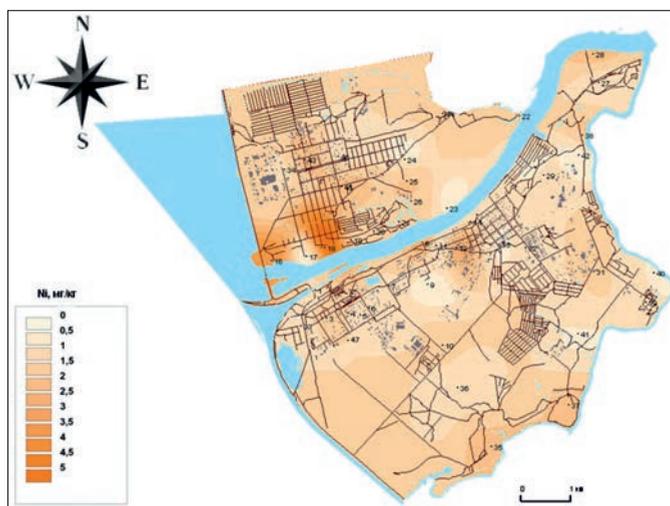


Рис. 6.5. Распределение содержания никеля (Ni) в почвах г. Дубны, мг/кг

Максимальные значения отмечаются в двух районах города. В левобережной части города на западе в районе коттеджной застройки и при въезде на плотину концентрация никеля составляет 3,36 и 4,98 мг/кг, что в 5,6 и 8,3 раза выше фона соответственно. Также выделяется район Центральной котельной в Институтской части города, где содержание никеля 2,41 мг/кг, что в 4 раза выше фоновой концентрации.

По шкале экологического нормирования почвы г. Дубны характеризуются очень низким уровнем содержания (< 10 мг/кг) никеля.

Для выявления закономерностей в содержании тяжелых металлов в почвах г. Дубны был проведен корреляционный анализ. Результаты корреляционного анализа представлены в табл. 6.6.

Результаты анализа указывают на отсутствие значимых коэффициентов корреляции. При этом наиболее высокий коэффициент корреляции (при

Таблица 6.6. Матрица коэффициентов корреляции содержания тяжелых металлов в почвах г. Дубны ($n = 30$, $P = 0,95$)

Элемент	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
Pb	1,00	—	—	—	—
Zn	0,38	1,00	—	—	—
Cd	0,20	0,33	1,00	—	—
Cu	0,16	0,32	0,25	1,00	—
Ni	0,00	0,24	0,43	0,17	1,00

$P = 0,95$) отмечается между парами металлов Ni–Cd ($r = 0,43$), Zn–Pb ($r = 0,38$); Zn–Cd ($r = 0,33$) и Zn–Cu ($r = 0,32$), что характеризуется как умеренная корреляционная связь [61].

На основе суммарного показателя загрязнения Z_c проведено районирование территории г. Дубны по уровню загрязнения почв (рис. 6.6). Так как в исследованных почвах г. Дубны не выявлены превышения ПДК (ОДК) в содержании тяжелых металлов, для проведения районирования был использован местный фон (район Ратмино). Это позволило выявить участки с различной антропогенной нагрузкой на почвы.

По суммарному показателю загрязнения почв основная часть городской территории относится к среднему уровню загрязнения ($Z_c = 16–32$). Почвы на окраинах города (в основном правобережной части) соответствуют низкому уровню загрязнения ($Z_c < 16$). На территории города выявлены районы с высоким уровнем загрязнения ($Z_c = 32–128$): в левобережной части в районе въезда на плотину и в районе частной застройки (ул. Кирова), основной вклад вносят $Cu_{17–22}$ и $Cd_{9–11}$ (здесь и далее нижний индекс обозначает коэффициент концентрации K_c); в правобережной части города практически

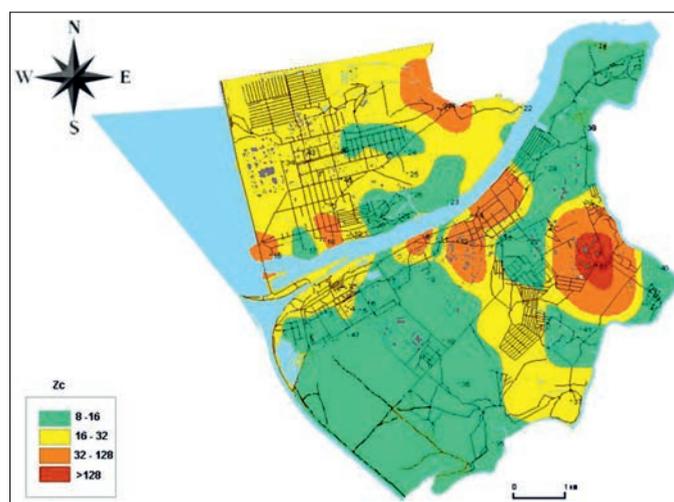


Рис. 6.6. Районирование территории г. Дубны по уровню загрязнения почв

вся Институтская часть, включая зоны жилой застройки, основной вклад в загрязнение вносят Cu_{19-86} и Cd_{5-23} . Район с очень высоким уровнем загрязнения ($Z_c > 128$) приурочен к промышленной зоне «Александровка» в восточной части города, основной вклад в загрязнение вносят Cu_{128} , Cd_{12} , Zn_6 [76, 78, 173].

Почвы в городе выполняют экологические, природорегулирующие и производственные функции. При экологической оценке почв городских территорий возникает необходимость учета категорий городских земель. Так, по данным В. А. Алексеенко [3], в селитебно-транспортных городских ландшафтах увеличение содержания валовых форм и подвижности элементов выражено сильнее, чем в парково-рекреационных, что создает предпосылки к большому накоплению тяжелых металлов в почвах этих функциональных зон. В связи с этим особый интерес для городских территорий представляет распределение содержания тяжелых металлов по функциональным зонам.

На территории г. Дубны были выделены следующие функциональные зоны: промышленная (точки № 1, 31–33), селитебная (точки № 2–8, 11–14, 16–26, 43–46), рекреационная (точки № 9, 10, 15, 27, 29, 30, 34, 36, 42, 47) и сельскохозяйственная (точки № 28, 35, 37–41). Содержание тяжелых металлов в почвах различных функциональных зон представлено в табл. 6.7 и на рис. 6.7.

Т а б л и ц а 6.7. Содержание тяжелых металлов в почвах различных функциональных зон г. Дубны, мг/кг

Зона	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
Промзона ($n = 4$)	2,72	12,50	0,06	1,57	0,88
Селитебная зона ($n = 26$)	1,85	6,01	0,09	1,15	1,17
Рекреационная зона ($n = 10$)	2,00	2,85	0,05	0,47	0,70
Сельскохозяйственная зона ($n = 7$)	1,54	2,70	0,09	1,07	1,45

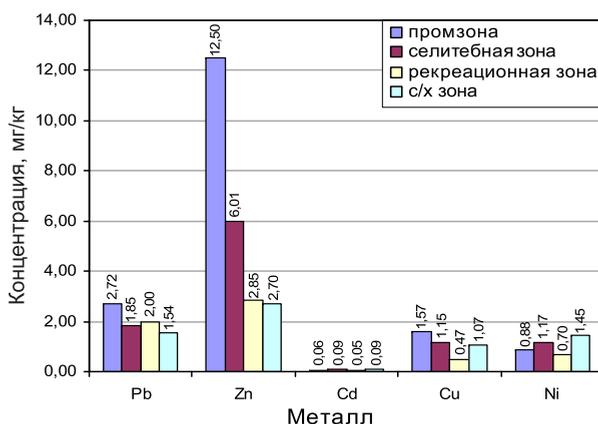


Рис. 6.7. Содержание тяжелых металлов в почвах различных функциональных зон г. Дубны, мг/кг

Максимальные концентрации свинца (Pb), цинка (Zn) и меди (Cu) характерны для почв промышленной зоны, минимальные — для рекреационной и сельскохозяйственной зоны. Максимальные концентрации никеля (Ni) отмечаются в селитебной и сельскохозяйственной зонах. Кадмий (Cd) распределяется равномерно практически по всей территории города [78].

Содержание цинка (Zn), меди (Cu) и никеля (Ni), повышенное относительно местных фоновых концентраций, при этом не превышающее гигиенические нормативы содержания тяжелых металлов для почв населенных мест, может оказывать положительный физиологический эффект для растительности и почвенной биоты, так как данные вещества являются важными микроэлементами.

Глава 7

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Снежный покров является удобным индикатором загрязнения не только самих атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв [21].

Исследование снежного покрова на территории г. Дубны проводилось в 2005, 2009 и 2010 гг. Для этого по равномерной случайно-упорядоченной сетке с охватом всех функциональных зон была отобрана 61 проба снежного покрова (рис. 7.1). Отбор проб снежного покрова проводился согласно следующим действующим нормативно-методическим документам: Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве [90]; Руководство по контролю загрязнения атмосферы [136].

Отбор проб производился во всех точках в течение одних суток во избежание возможного выпадения снежных масс или сухих выпадений, которые могли бы уменьшить степень достоверности результатов, в период максимального влагозапаса (до наступления весеннего снеготаяния), в конце февраля — начале марта. Пробоотбор проводился со всей толщи снежного покрова

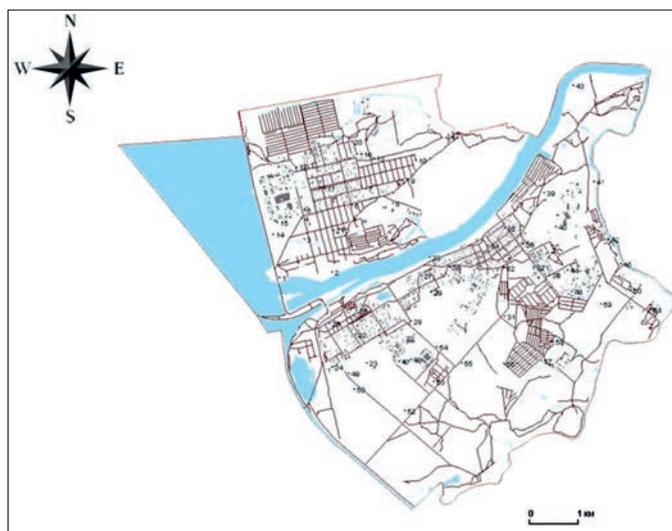


Рис. 7.1. Расположение точек пробоотбора снежного покрова на территории г. Дубны

пластиковой трубкой с внутренним диаметром 5 см и площадью сечения $19,63 \text{ см}^2$ в местах, удаленных от автомагистралей, — там, где снежный покров имел равномерную мощность и не был нарушен (преимущественно в глубине дворов и на детских площадках).

В намеченных точках пробоотбора с площади примерно 100 м^2 в зависимости от глубины снега отбирали 3–5 кернов в один общий для данной точки полиэтиленовый пакет, предварительно промытый дистиллированной водой и просушенный. Во избежание загрязнения образцов снега частицами почвы нижнюю часть кернов (1–2 см) отбрасывали. Количество кернов определяли на месте, исходя из условий получения общего объема пробы не менее $2,5 \text{ дм}^3$. Глубина снежного покрова замерялась по шкале, нанесенной на наружной стороне трубки. Описание места пробоотбора, дата, время, глубина снежного покрова и другие сведения регистрировались на месте в полевом журнале. Столь масштабные исследования снежного покрова с учетом временной динамики на территории г. Дубны проводились впервые. Как и в случае с почвами, авторы работы постарались максимально полно описать и интерпретировать полученные результаты.

Точки пробоотбора были нанесены на электронную карту с использованием картографических программ MapInfo и ArcGIS.

Для последующей корректной интерпретации результатов была отобрана проба на фоновом участке. В качестве фонового был выбран район, испытывающий минимальное антропогенное влияние, — район Ратмино.

После пробоотбора пробы снежного покрова доставлялись в лабораторию и проходили пробоподготовку в несколько этапов, целью которой являлось разделение жидкой и твердой фаз, для дальнейшего проведения химического анализа. Снег растапливался при комнатной температуре, растительные включения предварительно были извлечены из талой воды, так как они не являются составной частью антропогенного загрязнения. Талая вода отфильтровывалась через заранее подготовленный и взвешенный фильтр. Фильтрации подлежал весь объем пробы, осадок твердых частиц был полностью перенесен на фильтр. Отфильтрованная жидкая фаза пробы помещалась в емкости для хранения проб с закрытой крышкой. Использованный фильтр с осадком просушивался при комнатной температуре, затем взвешивался на аналитических весах, после чего твердая фаза пробы была готова к дальнейшим химическим анализам. Разность масс до и после фильтрования рассчитывалась как масса сухого осадка на фильтре (масса пыли в снеге) (гравиметрический метод).

КХА образцов талой воды проводился по следующим показателям: удельная электропроводность, водородный показатель (рН), содержание HCO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^- , а также содержание тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Cd, Ni).

В твердой фазе пробы методом атомной абсорбции определялось содержание следующих тяжелых металлов: Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Cr, Mn и Fe. Для этого обеззоленные фильтры с осадком разлагали методом «мокрого» озоления с помощью автоклавного модуля. Анализ на содержание тяжелых металлов проводился на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Пробоподготовка, а также все химические анализы проводились на базе аккредитованной лаборатории эколого-аналитического центра Международного университета природы, общества и человека «Дубна» по стандартным методикам. Полученные результаты были обработаны методами математической статистики с использованием программных пакетов Statistica 6.0 и Microsoft Excel. Для каждого показателя подсчитывались основные параметры: среднее значение (\bar{X}), медиана (Med), мода (Mo), максимум (Max), минимум (Min), дисперсия (D), стандартное отклонение (σ), ошибка среднего ($S_{\bar{X}}$), асимметрия (K_a), эксцесс (E), также был проведен корреляционный анализ [50, 51, 60, 94].

Для оценки степени загрязнения снежного покрова полученные данные сравнивались с фоновыми значениями. Необходимо отметить, что на сегодняшний день для снежного покрова не существует предельно допустимых концентраций, в связи с этим концентрация элементов в талой воде сравнивалась с ПДК_{рх} [101], так как большинство водоемов в районе исследования имеет рыбохозяйственное назначение.

Характеристика снежного покрова проводилась по общепринятым геохимическим показателям, аналогичным используемым для оценки почв: коэффициенту концентрации химических элементов K_c и суммарному показателю загрязнения Z_c [90, 91].

В соответствии с рекомендациями по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами [90, 91] также были рассчитаны:

1) общая масса пыли в снеговой пробе P_n [мг/(м²·сут)]: $P_n = P_0/(St)$, где P_0 — масса пыли в пробе (мг, кг); S — площадь шурфа (м², км²); t — время от начала снегостава (сутки);

2) общая нагрузка загрязнения $P_{общ}$: $P_{общ} = P_n C_i$, где P_n — пылевая нагрузка, кг/(км²·сут), C_i — концентрация i -го элемента в нерастворимом осадке снегового покрова, мг/кг;

3) коэффициент относительного увеличения общей нагрузки элемента K_p : $K_p = P_{общ}/P_{ф}$ при $P_{ф} = C_{ф} P_{пф}$, где $P_{ф}$ — фоновая нагрузка исследуемого элемента; $C_{ф}$ — его фоновая концентрация, мг/кг; $P_{пф}$ — фоновая пылевая нагрузка, кг/(км²·сут);

4) суммарный показатель нагрузки Z_p : $Z_p = \Sigma(K_{pi} + \dots + K_{pn}) - (n - 1)$, где n — число элементов.

Содержание тяжелых металлов в снеговой воде определялось в единицах массовых концентраций (мкг/дм³). Для более корректной интерпретации полученные результаты пересчитывались в соответствующие значения уровней поступления веществ на поверхность в мг/м² по формуле

$$P \text{ [мг/м}^2\text{]} = \frac{C_m \text{ [мкг/дм}^3\text{]} \cdot V \text{ [дм}^3\text{]}}{S \text{ [см}^2\text{]} \cdot n} \cdot 10,$$

где P — масса определяемого компонента, поступившего на единицу площади поверхности земли за весь период сохранения снежного покрова; C_m — массовая концентрация компонента в талой воде; V — объем талой воды всей

пробы; S — площадь внутреннего поперечного сечения трубы для отбора проб снега; n — число кернов снежного покрова, отобранных в данной точке.

Оценка уровня химического загрязнения снежного покрова проводилась по суммарному показателю загрязнения Z_c в соответствии с [90].

По данным, полученным в результате химического анализа проб, построены картосхемы распределения концентраций всех исследуемых элементов и показателей в снежном покрове на территории г. Дубны при помощи программных комплексов Integro (версия Grin View 2.0) и ArcGIS (версия 9.3).

Результаты статистической обработки полученных данных представлены в табл. 7.1

Как и в случае с почвами, медиана наиболее достоверным образом отражает положение центра вариационного ряда по всем показателям. При дальнейшем анализе в качестве среднего по всем показателям принималось значение медианы.

Таблица 7.1. Статистические показатели химического состава снежного покрова г. Дубны ($n = 61$, $P = 0,95$)

Показатель	\bar{X}	<i>Med</i>	<i>Mo</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>D</i>	σ	$S_{\bar{X}}$	K_a	<i>E</i>
pH	6,26	6,46	6,76	4,56	7,37	0,52	0,72	0,09	-0,75	-0,37
æ, мкСм/см	6,0	6,0	7,0	4,5	7,0	0,60	0,77	0,10	0,11	-1,35
NH_4^+ , мг/дм ³	0,43	0,27	0,10	0,02	3,63	0,31	0,56	0,08	4,18	21,69
NO_3^- , мг/дм ³	1,0	0,7	0,7	0,1	11,3	2,2	1,5	0,2	6,4	44,7
SO_4^{2-} , мг/дм ³	4,1	2,7	0,9	0,5	16,8	19,4	4,4	1,1	1,9	4,0
HCO_3^- , мг/дм ³	7,3	7,3	6,1	2,4	26,8	16,3	4,0	0,5	2,4	9,6
Ca^{2+} , мг/дм ³	1,6	1,4	1,2	0,8	4,0	0,4	0,6	0,1	2,2	4,5
Mg^{2+} , мг/дм ³	0,4	0,2	0,2	0,0	7,3	1,0	1,0	0,1	5,9	39,6
Cl^- , мг/дм ³	40,2	32,0	28,4	7,1	177,3	948,0	30,8	4,8	2,5	8,9

Величина **кислотности** снега (pH) — важный интегральный показатель загрязненности атмосферных осадков. На территории г. Дубны наблюдается повсеместное подщелачивание атмосферных осадков, в том числе на фоновой территории. Значение pH снежного покрова на территории города колеблется от 4,56 до 7,37 (табл. 7.1, рис. 7.2). Среднее значение pH по городу составляет 6,46; 61% проб имеет значение pH в диапазоне от 6 до 7; 23% проб лежат в диапазоне pH от 5 до 6; 10% проб имеют pH < 5; 6% проб — pH > 7. Правобережная часть города характеризуется более высокими значениями pH, чем левобережная. Для фоновой условно чистой территории (район Ратмино) значение pH составляет 5,90. Незагрязненным атмосферным осадкам свойственно значение pH 5,6, что обусловлено наличием в атмосфере CO_2 [32, 156, 167]. По данным И. Д. Ереминой и А. В. Григорьева (2010 г.), среднее значение pH снега за период 1999–2006 гг. для г. Москвы составляет 6,09, для Подмосковья — 5,63. Исследователи отмечают, что пробы в Подмосковье в северном направлении имеют значения pH 5,4 (при осреднении на

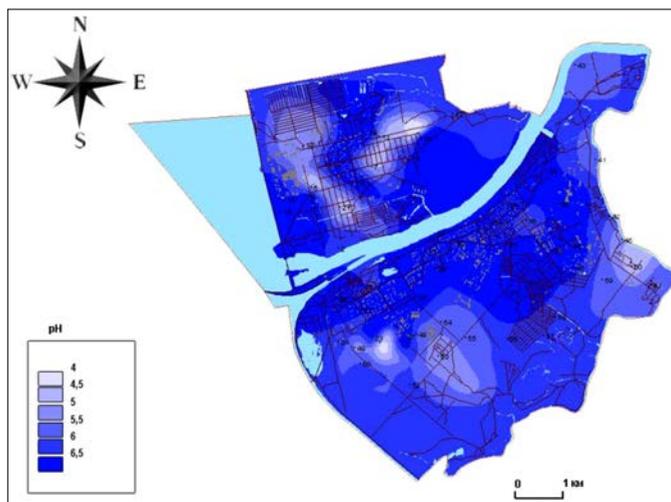


Рис. 7.2. Распределение рН снежного покрова на территории г. Дубны

удалении 5–40 км от МКАД), в то время как по остальным направлениям значения рН составляют около 5,7. По данным Государственного доклада, на фоновой территории Приокско-Террасного биосферного заповедника средневзвешенное за год значение рН в осадках составило 5,8, а в целом по Центральному федеральному округу — 6,4 [102].

Удельная электропроводность является косвенной характеристикой минерализации воды, в том числе и атмосферных осадков. Природные воды представляют собой в основном смешанные растворы сильных электролитов. Минеральную часть воды составляют ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Этими ионами и обуславливается электропроводность природных вод. Присутствие других ионов (например, NO_3^- , Mn^{2+} и др.) не сильно влияет на электропроводность, если эти ионы содержатся в незначительных количествах. Удельная электропроводность — удобный суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия. Удельная электропроводность атмосферных осадков (с минерализацией от 3 до 60 мг/дм³) составляет 20–120 мкСм/см [31]. Удельная электропроводность талой воды в районе исследования колеблется от 4,5 до 7 мкСм/см (см. табл. 7.1), что говорит о слабой минерализации и незначительной загрязненности атмосферных осадков. Электропроводность талой воды в центральной части города значительно выше, чем на окраинах.

Концентрация **иона аммония** в снежном покрове лежит в диапазоне от 0,02 до 3,63 мг/дм³ (см. табл. 7.1), в 20% отобранных проб отмечается превышение ПДК_{рх}. Средняя концентрация по городу составляет 0,27 мг/дм³. Максимальная концентрация 3,63 мг/дм³ (7,3 ПДК_{рх}) отмечается в правобережной части города в районе пересечения Нового шоссе и дороги, ведущей на полигон ТБО. В центре левобережной части города в зоне селитебной застройки (ул. Центральная) концентрация иона аммония составляет

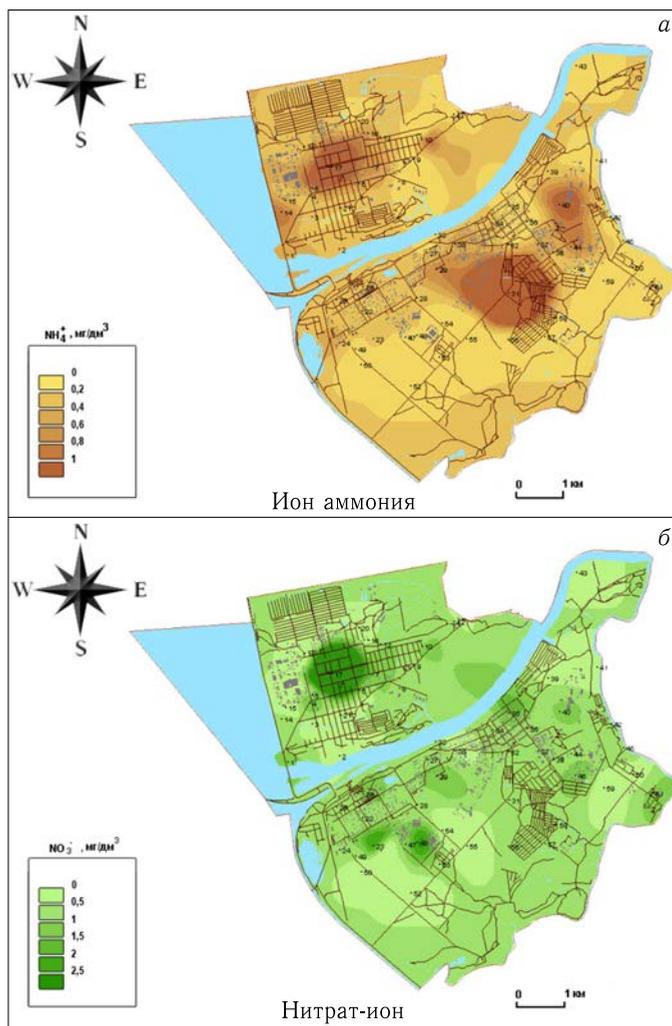


Рис. 7.3. Концентрация иона аммония (а) и нитрат-иона (б) в снежном покрове на территории г. Дубны, mg/dm^3

1,83 mg/dm^3 (3,6 ПДК_{рх}). В правобережной части города в Институтской части севернее Восточной котельной концентрация имеет значение 1,22 mg/dm^3 (2,4 ПДК_{рх}). В остальных пробах превышение составляет от 1,1 до 2 ПДК_{рх}. В целом в центральной части города концентрация иона аммония значительно выше, чем на окраинах. Концентрация иона аммония в снежном покрове на территории г. Дубны представлена на рис. 7.3, а.

Концентрация **нитратов** в снежном покрове лежит в диапазоне от 0,1 до 11,3 mg/dm^3 (см. табл. 7.1) и не превышает ПДК_{рх}. Средняя концентрация по городу составляет 0,7 mg/dm^3 . Максимальная концентрация 11,3 mg/dm^3 отмечается в центре левобережной части города в зоне селитебной застройки (ул. Центральная), в данном районе уже отмечалось превышение ПДК_{рх} по

иону аммония. Повышенная концентрация отмечается также западнее промплощадки АО «Тензор» — в 8,6 раза выше фона и в районе мемориала «Братские могилы» — в 7 раз выше фона. Анализ пространственного распределения показал более высокое содержание нитратов в снежном покрове в левобережной части города. Концентрация нитратов в снежном покрове на территории г. Дубны представлена на рис. 7.3, б.

Сульфаты в снежном покрове обнаружены только в 25 % исследованных проб. Концентрация сульфатов варьирует от 0,5 до 16,8 мг/дм³ (см. табл. 7.1), что не превышает ПДК_{рх}. Сульфаты отмечаются в пробах, отобранных в районе выезда на плотину, в районах частного сектора левобережной и правобережной частей города, а также в непосредственной близости от промзон. Максимальная концентрация 16,8 мг/дм³ отмечается в правобережной части города севернее Восточной котельной. В левобережной части повышенная концентрация (10,7 мг/дм³) отмечается в зоне частного сектора, что связано с использованием печного отопления.

Концентрация **гидрокарбонатов** в снежном покрове варьирует от 2,4 до 26,8 мг/дм³ (см. табл. 7.1), и в 28 % отобранных проб отмечается превышение ПДК_{рх}. Максимальная концентрация 26,8 мг/дм³ (3,8 ПДК_{рх}) фиксируется в правобережной части города севернее Восточной котельной. Превышения (от 1,1 до 2,8 ПДК_{рх}) также отмечаются практически по всей левобережной части города.

Концентрация **иона кальция** в снежном покрове варьирует незначительно — 80 % от общего числа проб лежит в диапазоне от 1,2 до 1,6 мг/дм³ (см. табл. 7.1) и не превышает ПДК_{рх}. Максимальная концентрация 4,0 мг/дм³ отмечается в левобережной части города южнее промзоны.

Концентрация **иона магния** в снежном покрове не превышает ПДК_{рх} и варьирует в большинстве случаев незначительно — от 0,2 до 0,4 мг/дм³ (см. табл. 7.1). Максимальная концентрация 7,3 мг/дм³ отмечается в левобережной части города в зоне частного сектора.

Концентрация **хлорид-иона** в снежном покрове лежит в диапазоне от 7,1 до 177,3 мг/дм³ (см. табл. 7.1), что не превышает ПДК_{рх}. Средняя концентрация по городу составляет 32,0 мг/дм³. Максимальная концентрация 177,3 мг/дм³, что в 12 раз выше фона, отмечается в правобережной части города в районе промзоны «Александровка».

Результаты корреляционного анализа гидрохимических показателей представлены в табл. 7.2.

Выявлена высокая корреляционная связь (при $P = 0,95$) SO_4^{2-} – HCO_3^- ($r = 0,85$) и SO_4^{2-} – NH_4^+ ($r = 0,51$), что характеризуется как сильная и средняя корреляционная связь соответственно. Умеренная корреляционная связь отмечается для пар SO_4^{2-} – Mg^{2+} ($r = 0,43$); NH_4^+ – NO_3^- ($r = 0,37$); æ – HCO_3^- ($r = 0,35$); æ – NH_4^+ ($r = 0,34$); pH – NH_4^+ ($r = 0,32$); NH_4^+ – HCO_3^- ($r = 0,31$). Для остальных гидрохимических показателей снежного покрова на территории г. Дубны значимых корреляций не выявлено.

Исследование временной динамики химического состава снежного покрова на территории г. Дубны (табл. 7.3) показало, что ионный состав снежного

Таблица 7.2. Матрица коэффициентов корреляции химического состава снежного покрова г. Дубны ($n = 61$, $P = 0,95$)

Показатель	pH	æ	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻
pH	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—
æ	0,16	1,00	—	—	—	—	—	—	—
NH ₄ ⁺	0,32	0,34	1,00	—	—	—	—	—	—
NO ₃ ⁻	0,13	0,10	0,37	1,00	—	—	—	—	—
SO ₄ ²⁻	0,28	0,06	0,51	0,26	1,00	—	—	—	—
HCO ₃ ⁻	0,11	0,35	0,31	0,09	0,85	1,00	—	—	—
Ca ²⁺	0,04	0,16	-0,05	-0,11	-0,12	0,03	1,00	—	—
Mg ²⁺	0,10	0,18	0,04	-0,04	0,43	0,21	0,07	1,00	—
Cl ⁻	0,13	0,14	0,11	0,03	-0,11	0,15	0,24	-0,17	1,00

Таблица 7.3. Химический состав снежного покрова на территории г. Дубны

Показатель	2005 ($n = 34$)	2009 ($n = 30$)	2010 ($n = 61$)
pH	6,94	6,23	6,46
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,50	—	0,27
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,25	—	0,70
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	6,1	6,1	7,3
Cl ⁻ , мг/дм ³	10,4	—	32,0

покрова в период 2005–2010 гг. варьирует незначительно, имеет сдвиг в щелочную сторону и относится к гидрокарбонатно-хлоридному типу [72, 77].

Особый интерес для городских территорий представляет распределение тяжелых металлов по функциональным зонам. Поэтому полученные в результате химического анализа снежного покрова данные (по выборкам) были проанализированы с учетом функционального зонирования городской территории. Были выделены следующие функциональные зоны: промышленная, селитебная, рекреационная и сельскохозяйственная. Показатели химического состава снежного покрова различных функциональных зон за период 2005–2010 гг. представлены в табл. 7.4.

Химический состав снежного покрова в различных функциональных зонах города варьирует незначительно. Отмечаются различия в концентрации HCO₃⁻. В селитебной зоне содержание HCO₃⁻ несколько выше, чем в промышленной и рекреационной зонах, в течение всего периода наблюдения, что легко объяснимо активным строительством в зонах жилой застройки.

Таким образом, по гидрохимическим показателям снежного покрова на территории г. Дубны выявлено несколько неблагоприятных районов. В левобережной части города выделяются два района: на востоке отмечаются

Таблица 7.4. Химический состав снежного покрова различных функциональных зон г. Дубны

Зона	рН	æ	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻
		мкСм/см	мг/дм ³						
2005									
Промышленная (n = 7)	6,96	6,5	0,48	0,05	—	6,1	—	—	9,1
Селитебная (n = 21)	7,00	6,9	0,47	0,15	—	9,9	—	—	11,0
Рекреационная (n = 6)	6,70	6,8	0,32	0,04	—	6,1	—	—	10,0
2009									
Промышленная (n = 2)	6,99	5,8	—	—	—	4,9	—	—	—
Селитебная (n = 11)	6,18	5,7	—	—	—	10,0	—	—	—
Рекреационная (n = 17)	6,11	5,5	—	—	—	6,6	—	—	—
2010									
Промышленная (n = 18)	6,37	6,0	0,27	0,8	2,7	6,1	1,4	0,2	28,4
Селитебная (n = 20)	6,57	7,0	0,23	0,7	5,8	7,7	1,4	0,2	35,5
Рекреационная (n = 23)	6,26	5,5	0,31	0,7	2,6	6,1	1,6	0,2	28,3

повышенные значения NH₄⁺, SO₄²⁻, Mg²⁺ и высокое значение рН (> 7), в непосредственной близости расположена промзона, образованная значительно недавно; в центральной части в зоне жилой застройки отмечается высокая концентрация NH₄⁺ и NO₃⁻, значение рН составляет 6,81. В правобережной части города также выделяются два района: в Институтской части города севернее Восточной котельной отмечается высокая концентрация NH₄⁺, SO₄²⁻, HCO₃⁻, значение рН > 7; в районе пересечения Нового шоссе и дороги, ведущей на полигон ТБО, отмечается максимальное значение NH₄⁺ и значение рН > 7.

Статистические показатели содержания тяжелых металлов в талой воде г. Дубны представлены в табл. 7.5.

Наиболее достоверным образом положение центра вариационного ряда по всем показателям отражает медиана. При дальнейшем анализе в качестве среднего по всем показателям принималось значение медианы.

Результаты исследований показали, что в 97% проб отмечается превышение содержания **свинца (Pb)** от 2 до 41 раза. Концентрация свинца

Таблица 7.5. Статистические показатели содержания тяжелых металлов в талой воде г. Дубны ($n = 34$, $P = 0,95$)

Элемент	\bar{X}	Med	Min	Max	D	σ	$S_{\bar{X}}$	K_a	E
мкг/дм ³									
Pb	40,7	27,5	2,3	248,2	1732,6	41,6	6,8	3,6	17,2
Zn	22,4	17,8	3,3	135,3	391,8	19,8	2,5	3,4	17,3
Cd	15,1	3,6	1,0	55,0	467,8	21,6	8,8	1,7	2,3
Cu	6,6	6,3	1,0	17,3	16,2	4,0	0,7	1,1	1,2
Ni	17,7	15,3	2,3	39,9	84,6	9,2	1,7	0,6	-0,2
мг/м ²									
Pb	1,9	1,4	0,1	7,8	2,4	1,6	0,3	1,9	4,9
Zn	1,1	0,9	0,2	7,3	1,2	1,1	0,1	3,6	17,5
Cd	0,5	0,1	0,05	1,7	0,5	0,7	0,3	1,4	0,7
Cu	0,4	0,3	0,1	1,5	0,1	0,4	0,1	1,8	2,6
Ni	1,0	0,8	0,1	2,6	0,4	0,7	0,1	1,3	1,2

в талой воде колеблется в диапазоне от 2,3 до 248,2 мкг/дм³. Максимальная концентрация 248,2 мкг/дм³ (41 ПДК_{рх}) обнаруживается в правобережной части города в районе автостоянки на ул. Вернова; в промзоне «Александровка» концентрация составляет 81,4 мкг/дм³ (13,5 ПДК_{рх}); в Институтской части города в районе жилой застройки (ул. Блохинцева) — 89,6 мкг/дм³ (15 ПДК_{рх}).

Поступление свинца в растворенном состоянии с талой водой составляет от 0,1 до 7,8 мг/м². Максимальное значение 7,8 мг/м² фиксируется в правобережной части города в районе автостоянки на ул. Вернова. Высокие значения также отмечаются в левобережной части города в районе въезда на плотину и в районе АЗС — 5,9 и 3,7 мг/м² соответственно. Содержание свинца в талой воде на территории г. Дубны представлено на рис. 7.4, а.

В 72 % проб отмечается превышение ПДК_{рх} по содержанию **цинка (Zn)** — от 1,2 до 13,5 раза. Концентрация цинка в талой воде составляет от 3,3 до 135,3 мкг/дм³. Максимальная концентрация 135,3 мкг/дм³ (13,5 ПДК_{рх}) обнаруживается в левобережной части города в районе частной застройки по ул. Кирова. Высокие концентрации — до 69,9 мкг/дм³ (7 ПДК_{рх}) отмечаются также в районе частной застройки по ул. Ленина. В правобережной части города повышенное содержание (47,4 мкг/дм³ (4,7 ПДК_{рх})) отмечается севернее Восточной котельной, в районе пересечения Нового шоссе и дороги, ведущей на полигон ТБО (49,7 мкг/дм³ (4,9 ПДК_{рх})), в районе базы ОРСа (42,2 мкг/дм³ (4,2 ПДК_{рх})) и западнее котельной ОАО «Энергия-Тензор» (45,6 мкг/дм³ (4,5 ПДК_{рх})).

Поступление цинка в растворенном состоянии с талой водой составляет от 0,2 до 7,3 мг/м². Максимальные значения отмечаются в левобережной

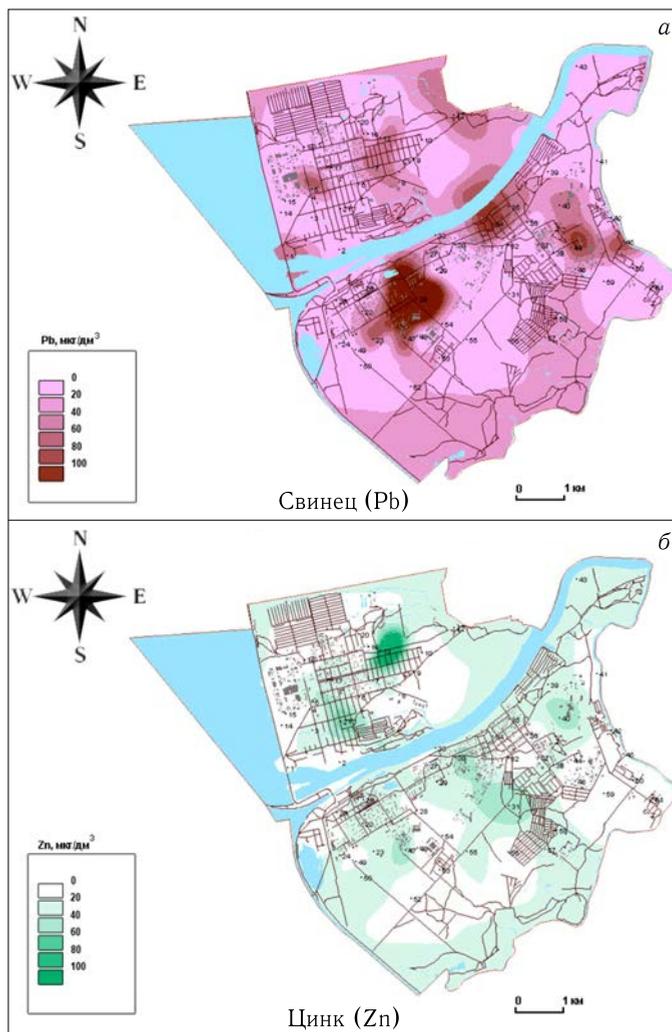


Рис. 7.4. Содержание свинца (а) и цинка (б) в талой воде на территории г. Дубны, мкг/дм³

части города в районе частной застройки по ул. Кирова и по ул. Ленина — 7,3 и 3,5 мг/м² соответственно. Содержание цинка в талой воде на территории г. Дубны представлено на рис. 7.4, б.

Кадмий (Cd) обнаруживается в талой воде только в 10% проб. Максимальная концентрация 55 мкг/дм³ (11 ПДК_{рх}) отмечается в правобережной части города в районе автостоянки на ул. Вернова, где ранее фиксировалась максимальная концентрация свинца. В правобережной части города в промзоне «Александровка» концентрация кадмия составляет 25,4 мкг/дм³, что в 5 раз превышает ПДК_{рх}, данный район уже характеризовался как неблагоприятный по содержанию свинца. Кадмий обнаруживается также севернее Восточной котельной, в районе жилой застройки (ул. Блохинцева), западнее

котельной ОАО «Энергия-Тензор» и в левобережной части города в районе частной застройки по ул. Кирова, концентрация кадмия составляет 4,2, 2,9, 1,9 и 1 мкг/дм³ соответственно. Данные районы характеризовались ранее как неблагоприятные по содержанию других тяжелых металлов в талой воде.

Поступление кадмия в растворенном состоянии с талой водой составляет от 0,05 до 1,7 мг/м². Максимальное значение 1,7 мг/м² отмечается в правобережной части города в районе автостоянки на ул. Вернова. В правобережной части города в промзоне «Александровка» поступление в окружающую среду составляет 1 мг/м².

В исследованных пробах талой воды обнаружены концентрации **меди (Cu)**, превышающие ПДК_{рх}. Превышения составляют от 1 до 17 раз. Максимальные концентрации отмечаются в левобережной части города: южнее и восточнее промзоны и в районе въезда на плотину (концентрация 17,3 мкг/дм³ (17 ПДК_{рх}), 15,5 мкг/дм³ (15 ПДК_{рх}) и 13,4 мкг/дм³ (13 ПДК_{рх}) соответственно); в правобережной части на Большой Волге в районе промплощадки автотранспортного предприятия концентрация меди составляет 15,2 мкг/дм³ (15 ПДК_{рх}).

Поступление меди в растворенном состоянии с талой водой составляет от 0,1 до 1,5 мг/м². Максимальные значения отмечаются в левобережной части города в районе въезда на плотину — 1,5 мг/м², южнее промзоны — 1,2 мг/м², восточнее промзоны — 1,2 мг/м²; в правобережной части города на Большой Волге в районе промплощадки автотранспортного предприятия — 1,2 мг/м². Содержание меди в талой воде на территории г. Дубны представлено на рис. 7.5, а.

В талой воде **никель (Ni)** обнаруживается в 46 % проб, в 90 % случаев отмечается превышение ПДК_{рх}. Концентрация колеблется от 2,3 до 39,9 мкг/дм³. Максимальные концентрации отмечаются в левобережной части города восточнее промзоны — 39,9 мкг/дм³ (4 ПДК_{рх}) и на востоке в районе частного сектора — 34,8 мкг/дм³ (3,5 ПДК_{рх}).

Поступление никеля в растворенном состоянии с талой водой составляет от 0,1 до 2,6 мг/м². Максимальные значения отмечаются в левобережной части города в районе АЗС — 2,6 мг/м², восточнее промзоны — 2,3 мг/м². В правобережной части города максимальное значение отмечается в районе Нового шоссе южнее промплощадки — 2,6 мг/м². Содержание никеля в талой воде на территории г. Дубны представлено на рис. 7.5, б.

Для выявления закономерностей в содержании тяжелых металлов в талой воде был проведен корреляционный анализ. Результаты корреляционного анализа представлены в табл. 7.6 и 7.7.

Выявлены высокие корреляционные связи между содержанием тяжелых металлов в талой воде (при $P = 0,95$): Pb–Cd ($r = 0,92$) и Cd–Ni ($r = 0,84$). Для остальных исследованных металлов значимых корреляционных связей не обнаружено. Корреляционный анализ поступления тяжелых металлов в окружающую среду с талыми водами также показывает сильную корреляционную связь Pb–Cd ($r = 0,85$) и среднюю корреляционную связь Cd–Ni ($r = 0,54$).

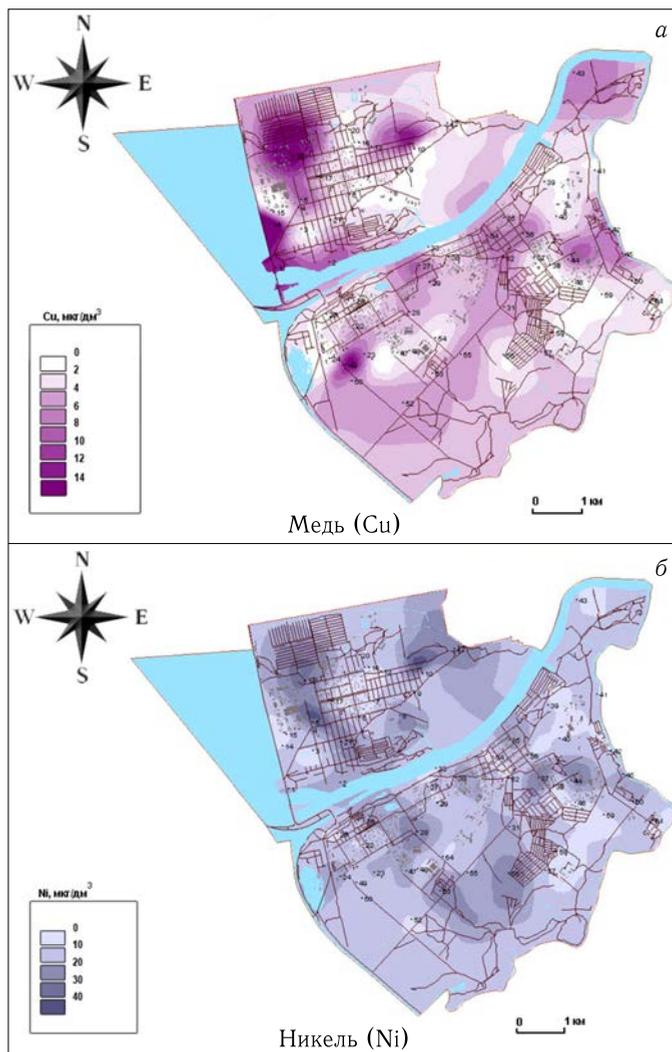


Рис. 7.5. Содержание меди (а) и никеля (б) в талой воде на территории г. Дубны, мкг/дм^3

Содержание тяжелых металлов в талой воде различных функциональных зон представлено в табл. 7.8. Промышленная зона — точки № 3–5, 7, 9, 24, 28, 30, 37, 38, 41, 42, 44, 45, 47, 48, 60, 61; жилая зона — точки № 6, 8, 10–13, 16–22, 25–27, 34–36, 46; рекреационная зона — точки № 1, 2, 14, 15, 23, 29, 31–33, 39, 40, 43, 49–59.

Анализ содержания тяжелых металлов в талой воде с учетом функционального зонирования показал, что максимальные значения Pb и Cd отмечаются в промышленной зоне, Ni — в жилой зоне, Zn — в рекреационной. Различия между зонами в концентрации Cu незначительны.

Таблица 7.6. Матрица коэффициентов корреляции содержания тяжелых металлов в талой воде г. Дубны ($n = 61$, $P = 0,95$)

Элемент	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
Pb	1,00	—	—	—	—
Zn	0,13	1,00	—	—	—
Cd	0,92	-0,50	1,00	—	—
Cu	-0,06	-0,22	-0,66	1,00	—
Ni	0,15	-0,05	0,84	0,25	1,00

Таблица 7.7. Матрица коэффициентов корреляции поступления тяжелых металлов в окружающую среду с талыми водами г. Дубны ($n = 61$, $P = 0,95$)

Элемент	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
Pb	1,00	—	—	—	—
Zn	0,25	1,00	—	—	—
Cd	0,85	-0,45	1,00	—	—
Cu	0,25	-0,01	-0,82	1,00	—
Ni	0,09	0,06	0,54	0,46	1,00

Таблица 7.8. Содержание тяжелых металлов в талой воде с учетом различных функциональных зон г. Дубны

Зона	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
мкг/дм ³					
Промзона ($n = 18$)	39,0	17,7	25,4	6,5	15,9
Селитебная зона ($n = 20$)	27,8	17,7	1,0	6,3	21,4
Рекреационная зона ($n = 23$)	20,6	20,9	3,6	6,1	10,3
мг/м ²					
Промзона ($n = 18$)	2,0	0,7	1,0	0,3	0,8
Селитебная зона ($n = 20$)	1,1	0,8	0,1	0,3	1,1
Рекреационная зона ($n = 23$)	1,7	1,0	0,1	0,4	0,8

Неопределенность, связанная с пространственной и временной изменчивостью снежного покрова, может быть исключена, если оценку загрязненности проводить не по концентрации загрязняющих веществ в нем, а по массе поступления загрязняющих веществ на единицу площади за время от формирования снежного покрова до отбора проб. Следует отметить, что для характеристики антропогенного воздействия и выявления источников загрязнения на территории города более важным является показатель массы элемента с выпадениями пыли на снежный покров, так как он учитывает пылевую нагрузку.

Пылевая нагрузка является одной из основных характеристик загрязнения атмосферного воздуха на территории города. Расчет пылевой нагрузки по-

казал, что вся территория г. Дубны имеет низкий уровень загрязнения пылью. Средняя пылевая нагрузка по городу составляет $40 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$. Максимальная среднесуточная пылевая нагрузка $156 \text{ мг}/\text{м}^2$ (в 2,4 раза выше фоновой) отмечается в правобережной части города в районе пересечения Нового шоссе и дороги, ведущей на полигон ТБО, и связана с ежедневным потоком большегрузного транспорта на полигон ТБО. Повышенное содержание пыли отмечается западнее промплощадки АО «Тензор», среднесуточное содержание пыли составляет $80,3 \text{ мг}/\text{м}^2$. В левобережной части города (Восточный пер.) среднесуточная пылевая нагрузка составляет $78,9 \text{ мг}/\text{м}^2$. Следует отметить, что в фоновом районе среднесуточная пылевая нагрузка достаточно велика и составляет $66 \text{ мг}/\text{м}^2$, что связано с нахождением данной точки на открытой местности. Распределение среднесуточной пылевой нагрузки (в $\text{мг}/\text{м}^2$) на территории г. Дубны представлено на рис. 7.6.

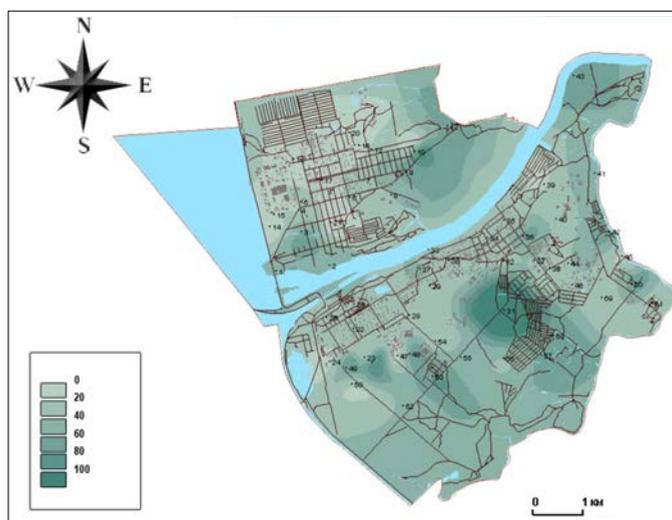


Рис. 7.6. Среднесуточная пылевая нагрузка на территории г. Дубны, $\text{мг}/\text{м}^2$

Статистические показатели содержания тяжелых металлов в твердой фазе снежного покрова г. Дубны представлены в табл. 7.9. Все рассматриваемые значения показателей являются достоверными и представляют интерес. Наиболее показательной описательной статистикой является медиана, и именно она самым достоверным образом отражает положение центра вариационного ряда по всем показателям [50, 51, 21]. При дальнейшем анализе в качестве среднего по всем показателям принималось значение медианы.

Содержание **свинца (Pb)** в твердой фазе колеблется в широких пределах — от 17 до $5750 \text{ мг}/\text{кг}$. Анализ пространственного распределения содержания свинца в твердой фазе снежного покрова показал, что максимальные концентрации отмечаются в центре левобережной части города. Содержание свинца в данном районе превышает фоновое содержание от 32 до 234 раз.

Таблица 7.9. Статистические показатели содержания тяжелых металлов в твердой фазе снежного покрова г. Дубны ($n = 34$, $P = 0,95$)

Элемент	\bar{X}	Med	Min	Max	D	σ	$S_{\bar{X}}$	K_a	E
мг/кг									
Pb	368	58	17	5750	1081114	1040	178	5	23
Zn	2661	507	213	38750	51018816	7143	1225	4	21
Cd	10,39	1,50	0,41	113,0	696,56	26,4	5,28	3,30	10,76
Cu	243	48	20	2500	361894	602	103	3	11
Ni	276	32	14	3300	596931	773	133	4	13
Cr	50	9	2	725	18046	134	23	4	21
Mn	784	223	85	13125	5171633	2274	390	5	28
Fe	20679	8197	2323	237500	1956259072	44230	7585	4	19
мкг/(м ² ·сут)									
Pb	2,8	2,3	0,6	16,3	9,2	3,0	0,5	3,2	12,3
Zn	4,7	1,1	0,1	80,2	193,4	13,9	2,4	5,2	28,3
Cd	0,09	0,04	0,03	0,77	0,02	0,15	0,03	4,09	17,65
Cu	1,8	1,8	0,7	3,0	0,4	0,6	0,1	0,4	-0,3
Ni	2,1	1,3	0,5	12,0	7,2	2,7	0,5	3,2	10,1
Cr	0,5	0,4	0,1	1,7	0,1	0,3	0,1	1,8	3,9
Mn	8,0	6,7	2,4	24,5	26,4	5,1	0,9	1,3	1,9
Fe	260	217	88	712	20423	143	25	1,3	1,9

Содержание свинца в твердой фазе снежного покрова и его среднесуточная нагрузка на территории г. Дубны представлены на рис. 7.7.

Нагрузка свинца с атмосферными выпадениями в левобережной части города значительно больше, чем в правобережной. Выделяется четко выраженный локальный очаг загрязнения в левобережной части города в районе въезда на плотину, приуроченный к участку автодороги (до ввода в эксплуатацию моста в конце 2018 г. это было единственное транспортное сообщение между левобережной и правобережной частями города), в непосредственной близости располагается коттеджный поселок. В данном районе отмечается максимальная нагрузка 16,3 мкг/(м²·сут), что в 10 раз превышает фоновую.

Содержание **цинка (Zn)** в твердой фазе снежного покрова колеблется от 213 до 38750 мг/кг. Максимальные концентрации отмечаются в центре левобережной части города (здесь отмечается также повышенное содержание свинца). Содержание цинка в данном районе превышает фоновое значение от 27 до 113 раз. Содержание цинка в твердой фазе снежного покрова и его среднесуточная нагрузка на территории г. Дубны представлены на рис. 7.8.

Анализ уровня накопления цинка с учетом пылевой нагрузки показал, что нагрузка цинка с атмосферными выпадениями на территории города достаточно равномерна, за исключением двух районов. Максимально неблагоприятный

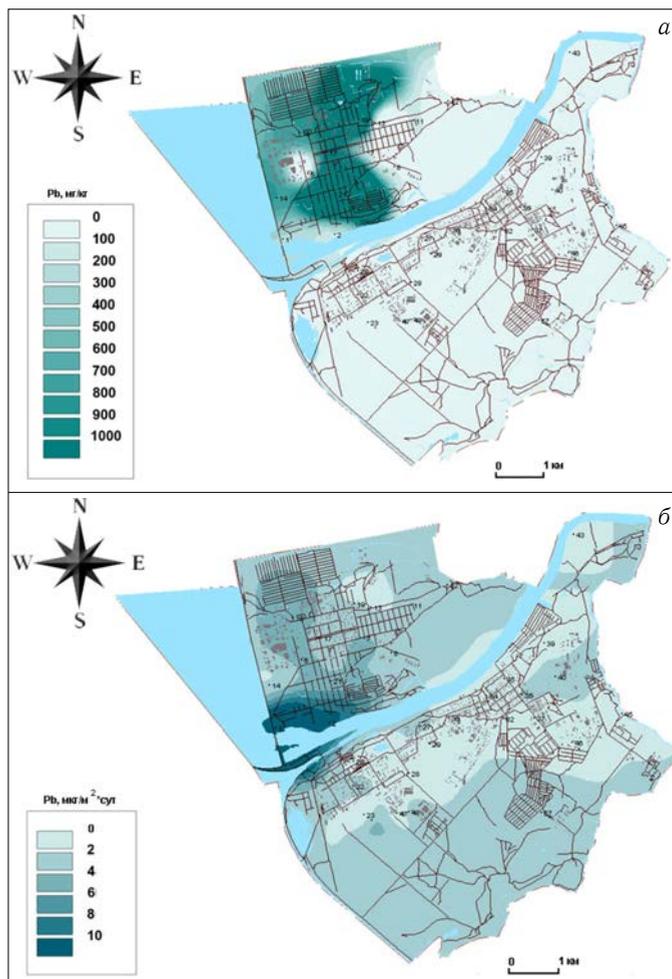


Рис. 7.7. Содержание свинца в твердой фазе снежного покрова (а) и его среднесуточная нагрузка (б) на территории г. Дубны

район отмечается в правобережной части города в Институтской части севернее Восточной котельной. Среднесуточная нагрузка цинка в данном районе составляет $80,2 \text{ мкг/м}^2$, что в 33 раза превышает фоновую. Вторым неблагоприятный район отмечается в левобережной части города в районе въезда на плотину, среднесуточная пылевая нагрузка цинка составляет $20,7 \text{ мкг/м}^2$, что в 8,6 раза выше фоновой. В данном районе уже отмечалась повышенная нагрузка свинца.

Содержание **кадмия (Cd)** в твердой фазе колеблется от 0,41 до 113 мг/кг. Анализ пространственного распределения кадмия в твердой фазе снежного покрова показал, что в левобережной части города концентрации кадмия значительно выше, чем в правобережной части. Максимальная концентрация кадмия 113 мг/кг, что в 262,8 раза выше фона, отмечается в левобережной

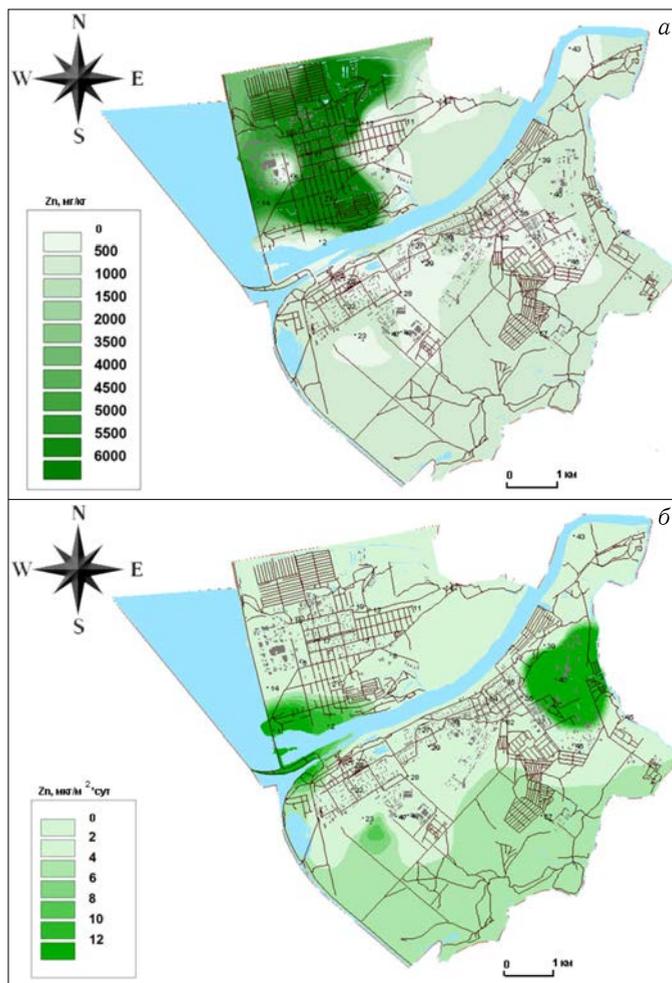


Рис. 7.8. Содержание цинка в твердой фазе снежного покрова (а) и его среднесуточная нагрузка (б) на территории г. Дубны

части города восточнее промзоны, на которой расположены предприятия машиностроительного комплекса. Содержание кадмия в твердой фазе снежного покрова и его среднесуточная нагрузка на территории г. Дубны представлены на рис. 7.9.

Анализ нагрузки кадмия с атмосферными выпадениями показал, что практически на всей территории города среднесуточная нагрузка кадмия незначительна и составляет от 0,03 до 0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^2$. Максимальное значение 0,77 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, что в 25,6 раза выше фонового, отмечается в левобережной части города восточнее промзоны, на которой расположены предприятия машиностроительного комплекса. Повышенная нагрузка кадмия 0,32 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, что в 10,6 раза выше фоновой, отмечается в районе въезда на плотину.

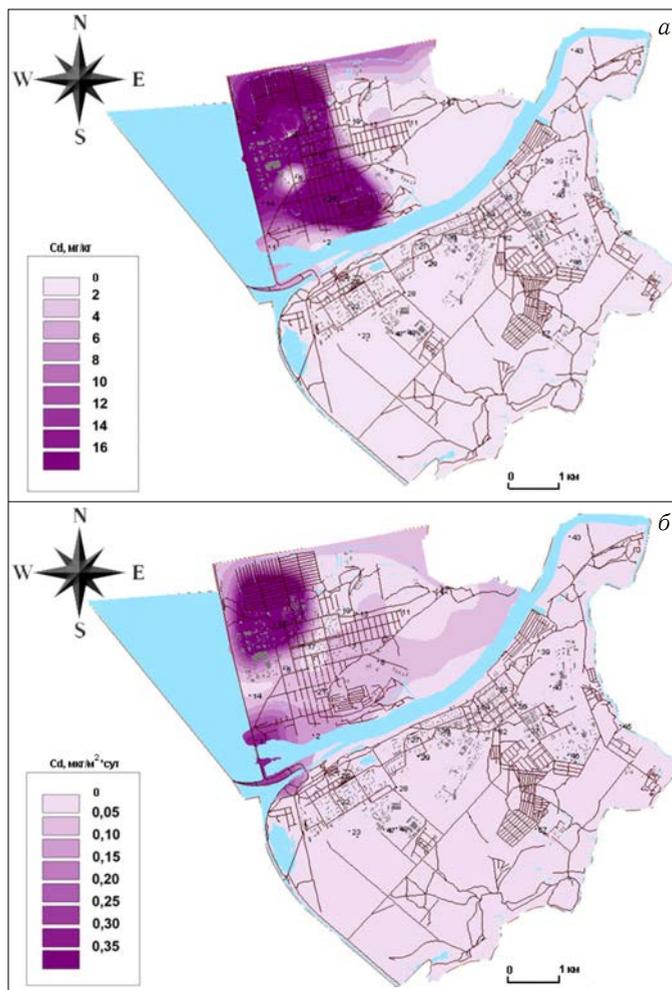


Рис. 7.9. Содержание кадмия в твердой фазе снежного покрова (а) и его среднесуточная нагрузка (б) на территории г. Дубны

Содержание **меди (Cu)** в твердой фазе составляет от 20 до 2500 мг/кг. Анализ пространственного распределения содержания меди в твердой фазе снежного покрова показал, что максимальные концентрации отмечаются в центре левобережной части города. Содержание меди в данном районе превышает фон от 19 до 82,5 раза. Содержание меди в твердой фазе снежного покрова и ее среднесуточная нагрузка на территории г. Дубны представлены на рис. 7.10.

Распределение нагрузки меди с атмосферными выпадениями на территории города достаточно равномерное. Максимальная нагрузка отмечается в левобережной части города в районе въезда на плотину и АЗС восточнее промзоны, среднесуточная пылевая нагрузка меди составляет 3,0 мкг/м², что

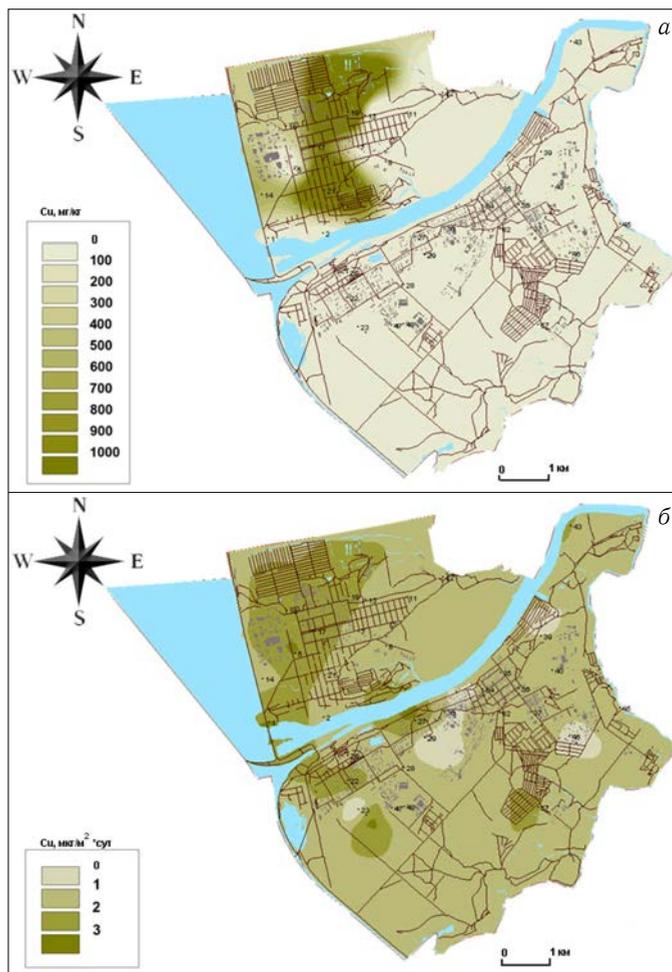


Рис. 7.10. Содержание меди в твердой фазе снежного покрова (а) и ее среднесуточная нагрузка (б) на территории г. Дубны

в 1,5 раза выше фоновой. По среднесуточной нагрузке меди правобережная часть города менее загрязнена, чем левобережная.

Содержание **никеля (Ni)** в твердой фазе составляет от 14 до 3300 мг/кг. Анализ пространственного распределения содержания никеля в твердой фазе снежного покрова показал, что максимальные концентрации, превышающие фон до 35 раз, отмечаются в центре левобережной части города. В данном районе уже отмечалось повышенное содержание свинца, цинка, меди и кадмия. Содержание никеля в твердой фазе снежного покрова и его среднесуточная нагрузка на территории г. Дубны представлены на рис. 7.11.

Нагрузка никеля с атмосферными выпадениями на территории города достаточно равномерна, за исключением двух районов. Максимальная нагрузка никеля отмечается в левобережной части города в районе въезда на плотину и в правобережной части западнее промплощадки АО «Тензор»,

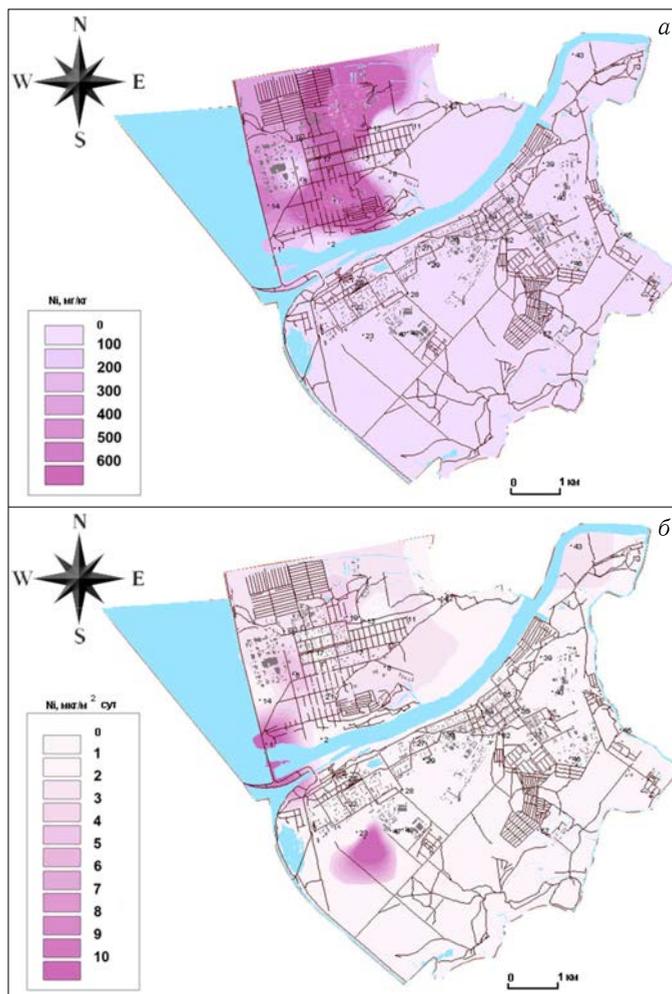


Рис. 7.11. Содержание никеля в твердой фазе снежного покрова (а) и его среднесуточная нагрузка (б) на территории г. Дубны

среднесуточная пылевая нагрузка никеля составляет $12,0 \text{ мкг/м}^2$, что в 5 раз выше фоновой.

Содержание **хрома (Cr)** в твердой фазе составляет от 2 до 725 мг/кг. Максимальные концентрации отмечаются в центре левобережной части города и превышают фон от 22 до 148 раз. В данном районе уже фиксировалось повышенное содержание свинца, цинка, меди, кадмия и никеля. Содержание хрома в твердой фазе снежного покрова и его среднесуточная нагрузка на территории г. Дубны представлены на рис. 7.12.

По нагрузке хрома с атмосферными выпадениями на территории города отмечаются несколько неблагоприятных районов с повышенным содержанием. В южной части левобережья в районе коттеджной застройки и на северо-востоке в районе частного сектора (ул. Кирова) среднесуточная нагрузка

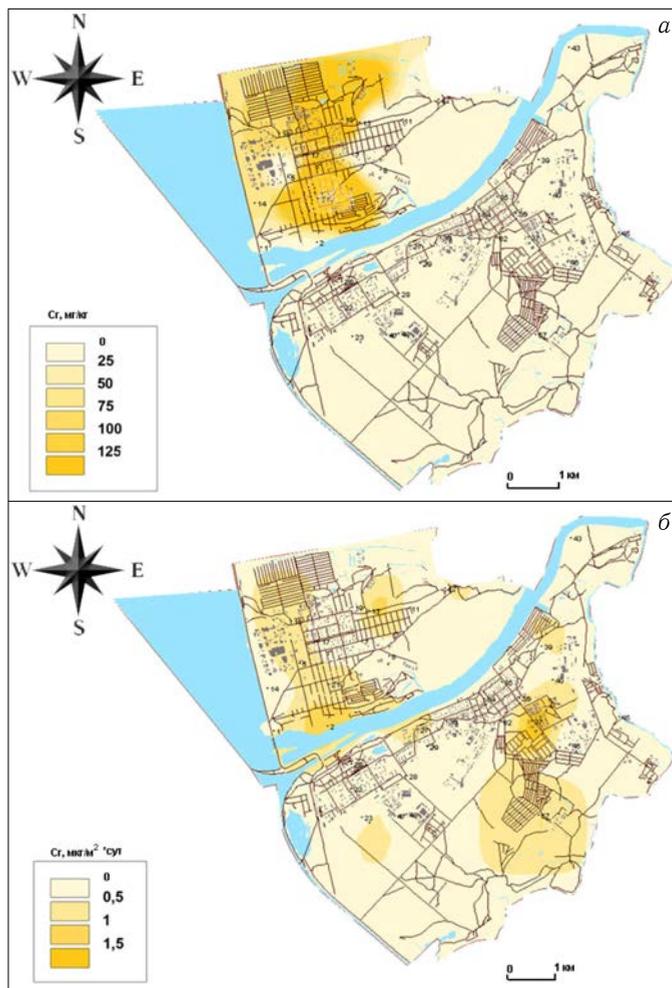


Рис. 7.12. Содержание хрома в твердой фазе снежного покрова (а) и его среднесуточная нагрузка (б) на территории г. Дубны

хрома составляет 1,2 и 1 мкг/м², что в 3,8 и 3 раза выше фоновой соответственно. В правобережной части в районе автосервиса (ул. Ленинградская) среднесуточная нагрузка хрома составляет 1,7 мкг/м², что в 5,8 раза выше фоновой.

Содержание **марганца (Mn)** в твердой фазе составляет от 85,3 до 13125 мг/кг. Анализ пространственного распределения содержания марганца в твердой фазе снежного покрова показал, что в левобережной части его содержание значительно выше, чем в правобережной, и превышает фон от 20 до 106 раз. Содержание марганца в твердой фазе снежного покрова и его среднесуточная нагрузка на территории г. Дубны представлены на рис. 7.13.

Анализ нагрузки марганца с атмосферными выпадениями показал, что в левобережной части повышенная среднесуточная нагрузка 16,2 мкг/м²,

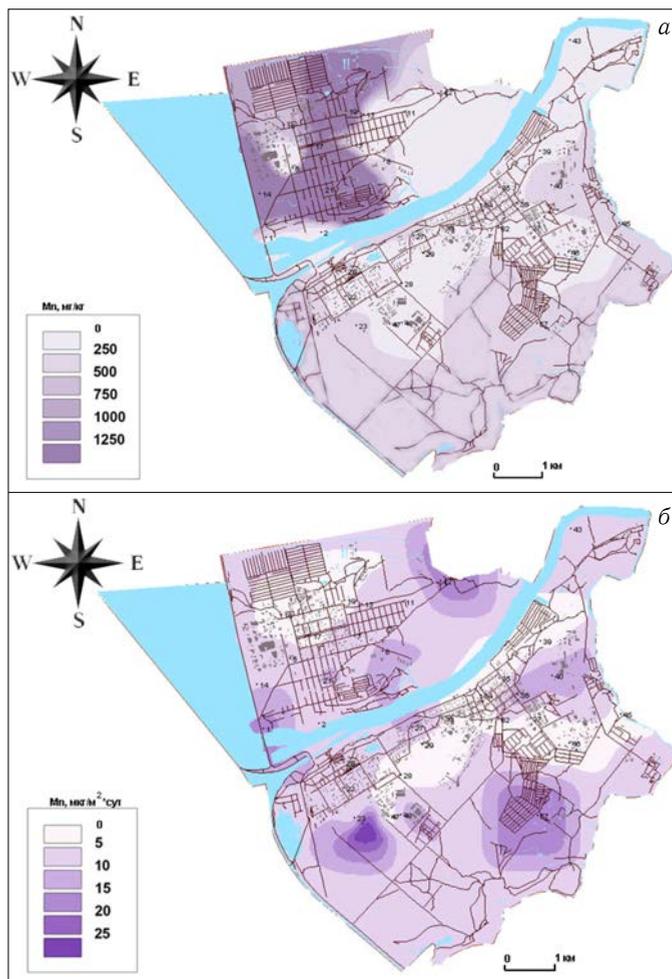


Рис. 7.13. Содержание марганца в твердой фазе снежного покрова (а) и его среднесуточная нагрузка (б) на территории г. Дубны

что в 2 раза превышает фоновую, отмечается в районе въезда на плотину и на востоке в районе частного сектора (ул. Кирова). В правобережной части максимальная среднесуточная нагрузка $24,5 \text{ мкг/м}^2$, что в 3,3 раза выше фона, отмечается западнее промплощадки АО «Тензор», повышенная среднесуточная нагрузка марганца $17,5 \text{ мкг/м}^2$, что в 2,3 раза выше фона, также отмечается южнее садоводческого товарищества «Весна».

Содержание **железа (Fe)** в твердой фазе составляет от 2323 до 237500 мг/кг. Анализ пространственного распределения содержания железа в твердой фазе снежного покрова показал, что максимальные концентрации отмечаются в центре левобережной части города и превышают фон от 13 до 59 раз. Ранее указывалось на повышенное содержание в данном районе всех исследованных тяжелых металлов. Содержание железа в твердой фазе

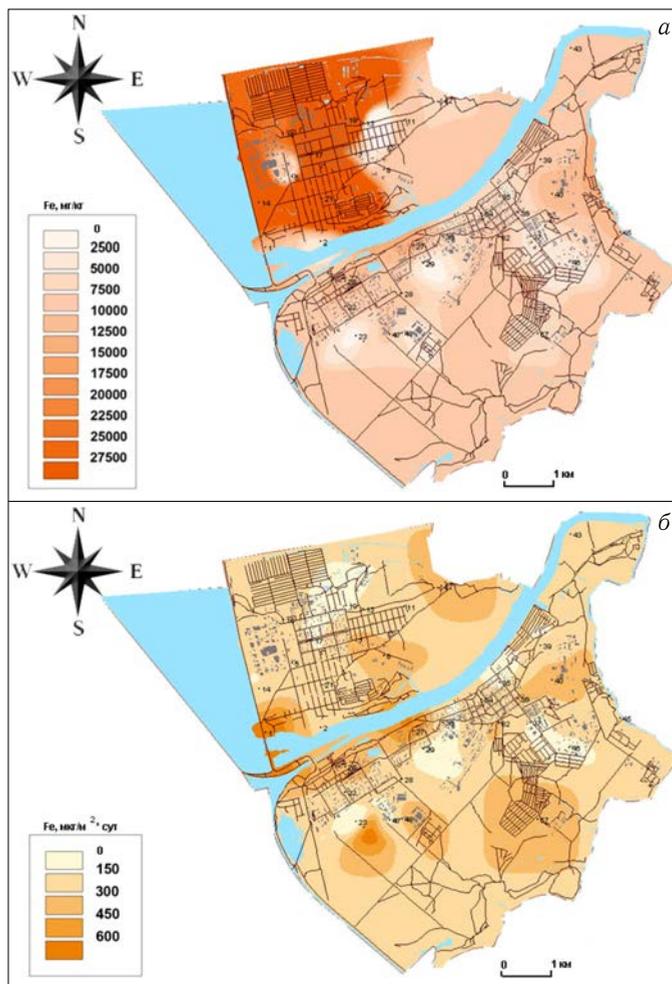


Рис. 7.14. Содержание железа в твердой фазе снежного покрова (а) и его среднесуточная нагрузка (б) на территории г. Дубны

снежного покрова и его среднесуточная нагрузка на территории г. Дубны представлены на рис. 7.14.

Анализ пространственного распределения среднесуточной нагрузки железа с атмосферными выпадениями показал схожую картину с нагрузкой марганца. Максимальная среднесуточная нагрузка 712 мкг/м^2 , что в 3 раза выше фоновой, отмечается в левобережной части города в районе въезда на плотину. Повышенная нагрузка 413 мкг/м^2 , что в 1,8 раза выше фона, отмечается на востоке левобережья в районе частной застройки. В правобережной части западнее промплощадки АО «Тензор» среднесуточная пылевая нагрузка железа составляет 538 мкг/м^2 , что в 2,3 раза выше фоновой.

На основе суммарного показателя загрязнения Z_c проведено районирование территории г. Дубны по уровню загрязнения снежного покрова (рис. 7.15).

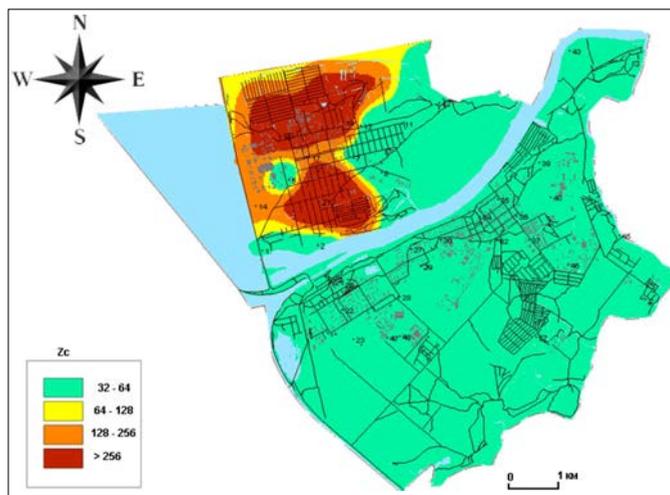


Рис. 7.15. Районирование территории г. Дубны по уровню загрязнения снежного покрова

Для проведения районирования, как и в случае с почвами, был использован местный фон (район Ратмино). Это позволило выявить участки с различной антропогенной нагрузкой. По суммарному показателю загрязнения снежного покрова большая часть территории города имеет низкий уровень загрязнения ($Z_c = 32-64$). В левобережной части города выделяются районы с высоким уровнем загрязнения ($Z_c = 128-156$) — южнее промзоны, основной вклад вносят Cd_{35} , Pb_{32} , Zn_{26} , и в зоне селитебной застройки, основной вклад вносят Cd_{62} , Pb_{47} , Zn_{44} , Cu_{31} ; очень высоким уровнем загрязнения ($Z_c > 256$) — в зоне частной застройки, основной вклад вносят Pb_{235} , Zn_{179} , Cd_{174} , Cr_{148} , и на северо-востоке от промзоны, основной вклад вносят Cd_{263} , Pb_{33-85} , Cu_{11-82} , Zn_{26-74} .

По суммарному показателю нагрузки тяжелых металлов Z_p вся территория г. Дубны относится к территориям с низким уровнем загрязнения.

Так как на территории г. Дубны отсутствуют снегоплавильные станции с локальными очистными сооружениями, обеспечивающие очистку талых вод до гигиенических нормативов, вся масса как взвешенных, так и растворенных веществ поступает в окружающую среду: часть поступает в почвенный покров, часть — в водные объекты. Учитывая, что на территории города находится большое количество водных объектов, в том числе использующиеся в качестве поверхностного источника питьевого водоснабжения как г. Дубны, так и г. Москвы, контроль за качеством талых вод требует особого внимания.

Проведенный корреляционный анализ показал (табл. 7.10, 7.11), что практически все исследованные тяжелые металлы имеют сильную корреляционную связь (при $P = 0,95$) — корреляционный коэффициент $r = 0,80-0,99$. Средняя корреляционная связь отмечается у кадмия со всеми исследованными металлами: $r = 0,54-0,64$. Корреляционные связи среднесуточной на-

Таблица 7.10. Матрица коэффициентов корреляции содержания тяжелых металлов в твердой фазе снежного покрова г. Дубны ($n = 34$, $P = 0,95$)

Элемент	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Fe
Pb	1,00	—	—	—	—	—	—	—
Zn	0,99	1,00	—	—	—	—	—	—
Cd	0,64	0,64	1,00	—	—	—	—	—
Cu	0,90	0,92	0,62	1,00	—	—	—	—
Ni	0,89	0,91	0,60	0,99	1,00	—	—	—
Cr	0,99	0,99	0,62	0,93	0,93	1,00	—	—
Mn	0,97	0,96	0,54	0,80	0,80	0,95	1,00	—
Fe	0,99	0,99	0,59	0,94	0,93	0,99	0,96	1,00

Таблица 7.11. Матрица коэффициентов корреляции массы тяжелых металлов с выпадением пыли на снежный покров г. Дубны ($n = 34$, $P = 0,95$)

Элемент	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Fe
Pb	1,00	—	—	—	—	—	—	—
Zn	0,25	1,00	—	—	—	—	—	—
Cd	0,47	0,00	1,00	—	—	—	—	—
Cu	0,57	0,17	0,30	1,00	—	—	—	—
Ni	0,67	0,17	0,22	0,62	1,00	—	—	—
Cr	0,30	0,10	0,15	0,35	0,14	1,00	—	—
Mn	0,39	0,30	-0,14	0,40	0,60	0,22	1,00	—
Fe	0,60	0,34	0,04	0,59	0,64	0,23	0,77	1,00

Таблица 7.12. Содержание тяжелых металлов в твердой фазе снежного покрова с учетом различных функциональных зон г. Дубны ($n = 34$, $P = 0,95$)

Зона	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Fe
	мг/кг							
Промзона ($n = 8$)	49	543	1,90	49	32	10	184	8049
Селитебная зона ($n = 16$)	78	509	1,60	59	33	9	248	8467
Рекреационная зона ($n = 10$)	44	472	1,02	33	32	11	210	6158
	мкг/(м ² ·сут)							
Промзона ($n = 8$)	1,3	0,6	0,01	1,5	0,9	0,3	4,8	197
Селитебная зона ($n = 16$)	2,3	1,1	0,04	1,8	1,3	0,3	6,9	212
Рекреационная зона ($n = 10$)	2,1	1,7	0,03	1,9	1,5	0,4	8,6	260

грузки различных тяжелых металлов с атмосферными выпадениями выражены значительно слабее. Результаты корреляционного анализа указывают на отсутствие значимых коэффициентов корреляции между металлами, за исключением пары Mn-Fe ($r = 0,77$), что характеризуется как сильная корреляционная связь. При этом наиболее высокий коэффициент корреляции от-

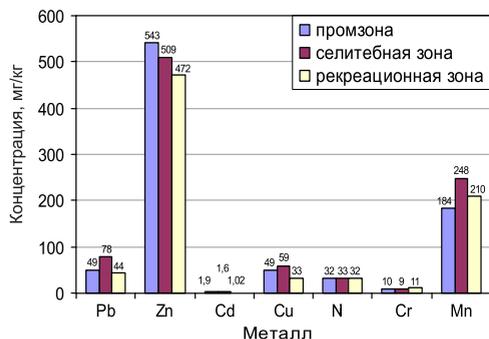


Рис. 7.16. Содержание тяжелых металлов в твердой фазе снежного покрова с учетом различных функциональных зон г. Дубны

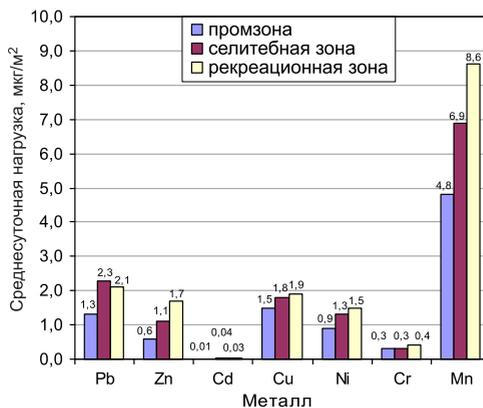


Рис. 7.17. Среднесуточная пылевая нагрузка тяжелых металлов различных функциональных зон г. Дубны

мечается между содержанием следующих металлов: Pb–Ni ($r = 0,67$), Ni–Fe ($r = 0,64$); Ni–Cu ($r = 0,62$); Pb–Fe и Ni–Mn ($r = 0,60$); Cu–Fe ($r = 0,59$); Pb–Cu ($r = 0,57$), что характеризуется как средняя корреляционная связь. Остальные корреляционные связи выражены слабее.

Данные по содержанию тяжелых металлов в снежном покрове г. Дубны были проанализированы с учетом различных функциональных зон города и представлены в табл. 7.12 и на рис. 7.16, 7.17.

Анализ содержания тяжелых металлов в твердой фазе снежного покрова с учетом функционального зонирования показал, что в промышленной зоне отмечаются максимальные значения Zn и Cd, а в селитебной зоне — Pb, Cu, Mn и Fe.

Максимальная среднесуточная нагрузка с атмосферными выпадениями практически по всем исследованным металлам наблюдается в селитебной и рекреационной зонах, что вызывает определенную тревогу.

Глава 8

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Для севера Московской области зональным типом растительности являются сложные еловые [69] или хвойно-широколиственные и широколиственно-хвойные леса [138]. Территория г. Дубны и его окрестностей входит в состав Североевропейской таежной провинции Евразийской таежной области. Растительный покров Верхневолжской низменности отличается от растительности прилегающей с юга Клинско-Дмитровской гряды. Верхневолжскую низменность характеризуют как район, в котором еловые или елово-сосновые леса бореального характера чередуются с заболоченными березняками и черноольшаниками [135, 81]. Растительный покров окрестностей г. Дубны, как и других территорий севера Московской области, сильно изменен хозяйственной деятельностью человека [81].

Лесная растительность. Леса и лесопарки занимают около 30% территории города [25]. По преобладающей породе они относятся к еловым, сосновым, широколиственным, мелколиственным и смешанным лесам. Большая часть из них — это искусственные насаждения разного возраста. Исключение составляют, вероятно, только ильмовники, сфагновые сосняки и черноольховые топи [81].

По данным Е. А. Карпухиной, П. Ю. Жмылева и др. [81], в прошлом леса из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), вероятно всего, занимали почти все пространство первой надпойменной террасы Волги. Однако большая часть из них была уничтожена при строительстве города. В настоящее время сосняки представлены изолированными друг от друга насаждениями, которые зачастую сильно нарушены пожарами и рекреационной нагрузкой. В некоторых местах (например, на территории биолого-почвенного стационара университета «Дубна») сосна уступила доминирующие позиции ели.

Современные сосновые леса г. Дубны представлены тремя типами: сосняки бруснично-зеленомошные, чернично-зеленомошные и чернично-сфагновые. Все сосновые леса встречаются на первой надпойменной террасе, за исключением сильно деградировавших старых посадок в Козлаковском лесу [81].

На песчаных «дюнах» (пик Тяпкина, Ратминский бор) и на выровненных участках со слабоподзолистыми песчаными почвами господствуют сосняки зеленомошного ряда. Кроме черники (*Vaccinium myrtillus*), брусники (*V. vitis-idaea*), вереска обыкновенного (*Calluna vulgaris*) и толокнянки обыкновенной (*Arctostaphylos uva-ursi*) на сплошном или сильно нарушенном покрове зеленых мхов рассеянно встречаются золотарник обыкновенный

(*Solidago virgaurea*), ортилия однобокая (*Orthilia secunda*), марьянник луговой (*Melampyrum pratense*), осока верещатниковая (*Carex ericetorum*) и др. Изредка и только на буграх в моховом покрове попадаются лишайники из родов *Cetraria* и *Parmelia*. На сильно нарушенных участках такие насаждения замещены сосняками рябиновыми и травяными с участием луговых и сорных видов (тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), бедронец камнеломковый (*Pimpinella saxifrage*), овсяница красная (*Festuca rubra*), василек шероховатый (*Centaurea scabiosa*), полынь полевая (*Artemisia campestris*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris*), мелколепестник канадский (*Erigeron Canadensis*) и др.) [81].

В левобережной части города в местах избыточного увлажнения с торфянистыми почвами легкого гранулометрического состава встречаются сосняки чернично-сфагновые. Они представлены почти чистыми насаждениями сосны со сплошным покровом сфагновых мхов. В травяно-кустарничковом ярусе преобладает черника (*Vaccinium myrtillus*), часто встречаются голубика (*V. Uliginosum*), багульник болотный (*Ledum palustre*) и молиния голубая (*Molinia coerulea*). Изредка и только на более сухих участках к ним примешиваются вейник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea*), седмичник европейский (*Trientalis europaea*), ортилия однобокая (*Orthilia secunda*), марьянник луговой (*Melampyrum pratense*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), ландыш майский (*Convallaria majalis*) [81].

На территории города еловые леса приурочены ко второй надпойменной террасе и встречаются в основном на правом берегу Волги. Это очень разнообразное по составу сообщества, включая мертвопокровные посадки ели, смешанные древостой с сосной, березой или осиной и небольшие участки сфагновых и лесовейниковых насаждений. Часто под пологом ели развит густой подлесок из рябины (ельники рябиновые). Неморальные (субнеморальные) ельники занимают более увлажненные участки с относительно богатыми почвами. В травяно-кустарничковом ярусе таких лесов заметно участие кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella*), зеленчука желтого (*Galeobdolon luteum*) и звездчатки ланцетолистной (*Stellaria holostea*). Часто встречаются медуница неясная (*Pulmonaria obscura*), бор развесистый (*Milium effusum*), чина весенняя (*Lathyrus vernus*), копытень европейский (*Asarum europaeum*) и печеночница благородная (*Hepatica nobilis*). Моховой ярус отсутствует или развит слабо. Весной на некоторых участках обильны ветреница дубравная (*Anemone nemorosa*) и ветреница лютиковидная (*A. Ranunculoides*). Бореальные ельники таежного облика занимают более сухие и бедные участки. Под их пологом более или менее хорошо развит покров из зеленых мхов (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus triquetris*, *Ptilium crista-castrensis*). В травяно-кустарничковом ярусе преобладают или заметно участие черники (*Vaccinium myrtillus*), кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella*), майника двулистного (*Maianthemum bifolium*), осоки пальчатой (*Carex digitata*), вейника тростникового (*Calamagrostis arundinacea*). Обычны седмичник европейский (*Trientalis europaea*), ожика волосистая (*Luzula pilosa*), щитовник

игольчатый (*Dryopteris carthusiana*), ортилия однобокая (*Orthilia secunda*) и золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea*). Очень редко встречаются небольшие участки зеленомошных ельников с преобладанием линнеи северной (*Linnaea borealis*) или плауна годичного (*Lycopodium annotinum*) [81]. В последние годы некоторые участки еловых лесов были поражены короедом-типографом [49].

Широколиственные леса на территории г. Дубны представлены небольшими по площади насаждениями липы сердцевидной (*Tilia cordata*) и вяза голого (*Ulmus glabra*). В современном растительном покрове северного Подмоскovie такие леса встречаются только фрагментарно и на участках с богатыми почвами.

Леса из липы на территории города встречаются только на второй надпойменной террасе правого берега и в районах жилой застройки. По данным [81], все они или, возможно, почти все — это искусственные посадки разного возраста. Самый крупный участок расположен в Козлаковском лесу. Древесный ярус здесь образован многоствольной липой сердцевидной (*Tilia cordata*) с незначительной примесью ели обыкновенной (*Picea abies*), тополя дрожащего, или осины (*Populus tremula*), березы белой (*Betula alba*) и ольхи клейкой (*Alnus glutinosa*). Ярус кустарников не выражен. Единично встречается лещина обыкновенная (*Corylus avellana*) и бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa*). В подросте иногда попадаются вяз голый (*Ulmus glabra*) и клен остролистный (*Acer platanoides*). В травяно-кустарничковом ярусе преобладают сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*), печеночница благородная (*Hepatica nobilis*), копытень европейский (*Asarum europaeum*), зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), заметно участие аконита северного (*Aconitum septentrionale*), ветреницы лютиковидной (*Anemone ranunculoides*), медуницы неясной (*Pulmonaria obscura*), звездчатки ланцетовидной (*Stellaria holostea*), бора развесистого (*Milium effusum*), чины весенней (*Lathyrus vernus*). Изредка встречаются будра плющевидная (*Glechoma hederacea*), фиалка удивительная (*Viola mirabilis*), колокольчик широколистный (*Campanula latifolia*), осока пальчатая (*Carex digitata*), костяника (*Rubus saxatilis*) и др.

Леса с преобладанием вяза голого (*Ulmus glabra*) на территории г. Дубны встречаются небольшими фрагментами вдоль ложбин стока второй надпойменной террасы правого берега. Такие сообщества очень редки на Европейской равнине [2]. В древостое таких насаждений единично присутствуют береза белая (*Betula alba*), ольха клейкая (*Alnus glutinosa*), ольха серая (*A. Incana*), осина (*Populus tremula*), черемуха обыкновенная (*Padus avium*) и ель обыкновенная (*Picea abies*). Подлесок слабо выражен (*Ribes nigrum*, *Euonymus verrucosa*, *Rubus idaeus*, *Corylus avellana*). В подросте кроме видов древесного яруса представлены клен остролистный (*Acer platanoides*), липа сердцевидная (*Tilia cordata*) и дуб черешчатый (*Quercus robur*). В травяно-кустарничковом ярусе, как правило, преобладают сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*) и зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum*). Заметно участие пролесника многолетнего (*Mercurialis perennis*), хвоща лесного (*Equisetum sylvaticum*), гусяного лука желтого (*Gagea lutea*), хохлатки плот-

ной (*Corydalis solida*), звездчатки жестколистной (*Stellaria holostea*), лютика кашубского (*Ranunculus cassubicus*), бора развесистого (*Milium effusum*) и др. [49, 164].

На территории г. Дубны мелколиственные леса представлены березняками, осинниками и сероольшаниками. Вдоль берега Волги часто встречаются древовидные ивы (*Salix alba*, *S. euxina* и др.). Березовые леса, несмотря на то, что занимают небольшую площадь, очень разнообразны по составу и представлены тремя основными группами: березняки кислотно-разнотравно-злаковые, чернично-лесовейниковые, неморальные и долгомошно-сфагновые. Первые две группы занимают относительно сухие или умеренно увлажненные участки и образованы березой повислой (*Betula pendula*) часто в сочетании с сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), елью обыкновенной (*Picea abies*) и подлеском из рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*). В травяно-кустарничковом ярусе преобладает разнотравье (ландыш майский (*Convallaria majalis*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), живучка ползучая (*Ajuga reptans*), костяника (*Rubus saxatilis*), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea*) и др.), злаки вейник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea*) или щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*) с заметным участием черники (*Vaccinium myrtillus*). Березняки неморальные и долгомошно-сфагновые образованы в основном березой белой (*Betula alba*). Они изредка встречаются только на второй надпойменной террасе правого берега в условиях временного или застойного переувлажнения соответственно. В древостое неморальных березняков обычно присутствие осины (*Populus tremula*), липы (*Tilia cordata*) и ели (*Picea abies*). Под пологом таких лесов преобладают неморальные и субнеморальные виды (сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*), зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum*), бор развесистый (*Milium effusum*), чина весенняя (*Lathyrus vernus*), лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus*) и др.). Березняки долгомошно-сфагновые характеризуются очень бедным видовым составом. На сплошном сфагновом покрове (*Sphagnum girgensohnii*) изредка встречаются вейник седеющий (*Calamagrostis canescens*), осока черная (*Carex nigra*), седмичник европейский (*Trientalis europaea*), черника (*Vaccinium myrtillus*) и др.

Тополь дрожащий, или осина (*Populus tremula*) редко образует собственные сообщества на территории Дубны, но часто встречается в древостоях ельников и березняков. Они представлены небольшими участками с преобладанием в травяном покрове неморальных видов или крапивы двудомной (*Urtica dioica*) с таволгой вязолистной (*Filipendula ulmaria*). Нередко из-за густого подроста ели формируются мертвопокровные осинники.

Леса из ольхи серой (*Alnus incana*) в большинстве случаев представлены узкими полосами вдоль дренажных канав и ложбин стока с преобладанием в травяном ярусе крапивы двудомной (*Urtica dioica*), таволги вязолистной (*Filipendula ulmaria*) и обязательным присутствием яснотки крапчатой (*Lamium maculatum*), будры плющевидной (*Glechoma hederacea*), хмеля вьющегося (*Humulus lupulus*), сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria*), звездчатки дубравной (*Stellaria nemorum*). В подлеске часто встречается

смородина черная (*Ribes nigrum*), а в древостое — черемуха обыкновенная (*Padus avium*) и береза белая (*Betula alba*).

Болотная растительность. На территории г. Дубны встречаются все основные типы болот: верховые, переходные и низинные. Верховые болота приурочены к первой надпойменной террасе. Значительная их часть была уничтожена при строительстве города. Другие были осушены, и в настоящее время на их месте сформировались сосняки кустарничково-сфагновые, тростниковые или сорно-травяные. Исключение составляют небольшие по площади болота на правом берегу. В Институтской части города в непосредственной близости от университета «Дубна» (биолого-почвенный стационар университета) — это сосново-кустарничково-пушицево-сфагновые сообщества с преобладанием на сплошном сфагновом покрове багульника болотного (*Ledum palustre*), болотного мирта (*Chamaedaphne calyculata*) и пушицы влагалищной (*Eriophorum vaginatum*). Реже встречаются клюква (*Oxycoccus palustris*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), черника (*Vaccinium myrtillus*). В районе города Черная речка на Ивановских холмах, в непосредственной близости от пика Тяпкина, болото более гетерогенно. По его границам располагаются группировки переходных болот с преобладанием тростника южного (*Phragmites australis*), вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*), белокрыльника болотного (*Calla palustris*), сабельника болотного (*Comarum palustre*) и осоки пузырчатой (*Carex vesicaria*). П. Ю. Жмылевым и Е. А. Карпухиной здесь обнаружена самая северная в Московской области популяция занесенной в Красную книгу хаммарбии болотной (*Hammarbya paludosa*) [56].

В окрестностях города часто встречаются черноольховые топи. Они характеризуются резко выраженным микрорельефом. На кочках (приствольных повышениях) обычно встречаются лесные виды (кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), седмичник европейский (*Trientalis europaea*), черника (*Vaccinium myrtillus*) и др.), а в межкочечных понижениях, постоянно или временно заполненных водой, — болотные виды (сабельник болотный (*Comarum palustre*), осока дернистая (*Carex cespitosa*), осока ложносытевидная (*C. Pseudocyperus*), осока удлиненная (*C. Elongate*), осока вздутая (*C. Rostrata*), ирис ложноаировый (*Iris pseudacorus*), зюзник европейский (*Lycopus europaeus*), тиселиум болотный (*Thyselium palustre*), вех ядовитый (*Cicuta virosa*), калужница болотная (*Caltha palustris*), шлемник обыкновенный (*Scutellaria galericulata*) и др.). В древостое преобладает ольха (*Alnus glutinosa*) с незначительной примесью березы (*Betula alba*), осины (*Populus tremula*) и ели (*Picea abies*).

Травяные болота на территории города встречаются редко. На небольших участках вдоль ложбин стока преобладают осоки: пузырчатая, удлиненная и острая (*Carex vesicari*, *C. Elongate*, *C. Acuta*). Заметно участие вейника седеющего (*Calamagrostis canescens*) и таволги вязолистной (*Filipendula ulmaria*). Реже встречаются поручейник широколистный (*Sium latifolium*), подмаренник болотный (*Galium palustre*), шлемник обыкновенный (*Scutellaria galericulata*), ситник развесистый (*Juncus effuses*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), ирис ложноаировый (*Iris pseudacorus*) и др.

По берегам водоемов и ручьев, в искусственных и естественных понижениях рельефа кроме тростника часто встречаются рогоз (*Typha latifolia*), кипрей болотный (*Epilobium palustre*), манник плавающий (*Glyceria fluitans*), дербенник иволистный (*Lythrum salicaria*), частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*) и др.

Луговая растительность. Вдоль рек на территории г. Дубны встречаются большей частью сеяные луга с преобладанием ежи сборной (*Dactylis glomerata*), овсяницы луговой (*Festuca pratensis*) и клевера (*Trifolium pratense*), а также луговые сообщества, которые сформировались на месте заброшенных пашен и огородов, с преобладанием вейника наземного (*Calamagrostis epigeios*), пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare*), абрицы порезниковой (*Seseli libanotis*), горошка мышиного (*Vicia cracca*), с заметным участием василька лугового (*Centaurea jacea*), колокольчика болонского (*Campanula bononiensis*), костреца безостого (*Bromopsis inermis*), тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium*) и ряда сорных видов, например донника белого (*Melilotus albus*) и др.

Среди лесов в правобережной части города изредка встречаются крупные поляны, на которых сформировались разные по составу луга. В условиях хорошего увлажнения в составе таких сообществ доминируют вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*) или пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*) с заметным участием разнотравья. В условиях недостатка увлажнения формируются малопродуктивные разнотравно-красноовсяницево-кострецовые луга с тысячелистником (*Achillea millefolium*), колоском душистым (*Anthoxanthum odoratum*), васильком луговым (*Centaurea jacea*), гвоздикой Фишера (*Dianthus fischeri*), смолкой обыкновенной (*Steris viscaria*) и др.

Водная и прибрежно-водная растительность. В пределах города водные и прибрежно-водные растения весьма разнообразны. На мелководьях типичны заросли кубышки желтой (*Nuphar lutea*), рдеста блестящего (*Potamogeton lucens*) и гребенчатого (*P. Pectinatus*), сусака зонтичного (*Butomus umbellatus*). На оз. Лебяжье хорошо развиты заросли тростника южного (*Phragmites australis*) и телореза обыкновенного (*Stratiotes aloides*). В постоянно обводненных дренажных канавах типичны ряска маленькая (*Lemna minor*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), элодея канадская (*Elodea canadensis*). Очень редко в водоемах и реках города встречаются кувшинка белоснежная (*Nymphaea candida*), цицания широколистная (*Zizania latifolia*), рдест плавающий (*Potamogeton natans*) и ряд других видов. Только в устье р. Дубны обнаружена тростянка овсяницевоидная (*Scolochloa festucacea*).

Сорно-рудеральная растительность. В местах, где естественная растительность уничтожена человеком, часто возникают антропогенные местообитания. При их зарастании формируются очень разнообразные по флористическому составу, динамике и продолжительности существования вторичные сообщества. Сообщество сорняков посевов включает пырей ползучий (*Elytrigia repens*), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum*), пастушью сумку (*Capsella bursa-pastoris*), звездчатку среднюю (*Stellaria media*) и др. На вытаптываемых местах (обочины дорог, тропы, выгоны, дворы и т. п.) преобладают горец

птичий (*Polygonum aviculare*), мятлик однолетний (*Poa annua*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserine*), подорожник большой (*Plantago major*) и др. Пустыри, свалки, строительные площадки и другие антропогенные местообитания занимают рудеральные сообщества, которые формируются не только за счет сорняков (крапивы двудомной (*Urtica dioica*), мари белой (*Chenopodium album*), полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris*) и др.), но и за счет дичающих интродуцентов (растений, переселенных в местность, где они раньше не существовали), например полыни лечебной, или божьего дерева (*Artemisia abrotanum*), адвентивных растений — случайно мигрировавших из других регионов (мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis*)) и аборигенных видов. Особый интерес среди антропогенных местообитаний представляет дамба Ивановского водохранилища, на каменистом склоне которой встречаются степные виды [81].

По оценкам П. Ю. Жмылева, Е. А. Карпухиной и др. [56], флора г. Дубны насчитывает 1084 вида дикорастущих и культивируемых сосудистых растений из 511 родов и 125 семейств. Самые крупные семейства — *Compositae* (120 видов), *Rosaceae* (89), *Gramineae* (80), *Labiatae* (40), *Cruciferae* (38) и *Caryophyllaceae* (37). Число интродуцентов составляет 384 вида, включая 15 видов, природные популяции которых охраняются на территории Московской области или России. Подробное описание видов растительности содержится в монографии «Флора городского округа Дубна» [81].

Охраняемые виды растительности. На территории г. Дубны произрастает 18 видов, которые охраняются в Московской области (2 вида из Красной книги РФ), и 17 видов, которые включены в мониторинговый список (возможно, нуждаются в охране). Особый интерес представляет болото, расположенное в районе Черная речка в 400 м от жилой застройки в лесопарке на Ивановских холмах, в непосредственной близости от пика Тяпкина [56]. Площадь болота составляет примерно 0,7 га, глубина 6–8 м. Большую часть занимает сплавина (2 м толщиной) с преобладанием сфагнума узколистного (*Sphagnum angustifolium*), извилистого (*S. Flexuosum*) и магелланского (*S. Magellanicum*). С севера и запада болото окружено сосновым бором, а с юга и востока — сырыми лесами с преобладанием ольхи (*Alnus incana*). Флора болота вместе с узкой полосой прилегающих к нему заболоченных лесов насчитывает около 70 видов сосудистых растений. Среди них несколько видов включены в Красную книгу Московской области или Красную книгу России: хаммарбия болотная (*Hammarbya paludosa*), пальчатокоренник Траунштейнера (*Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soo), гудайера ползучая (*Goodyera repens* (L.) R. Br., (L.) O. Kuntze), печеночница благородная (*Hepatica Nobilis* Mill.), одноцветка одноцветковая (*Moneses uniflora* (L.) A. Grey) и шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris* L.). Кроме того, в сосновом бору лесопарка нередко встречается толокнянка обыкновенная (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng.).

Спорово-пыльцевой анализ колонки (110 см), взятой с осушенной окраины болота, свидетельствует, что болото сформировалось на месте глубокого водоема [165]. По мнению авторов [165], болото начало формироваться в бореальный период в результате зарастания плейстоценовой старицы и проходило

стадии сначала низинного с ольхой по краям, а затем переходного болота с сосной. Сплавина образовалась 2–3,5 тыс. лет назад. В истории болота сохранились следы антропогенного влияния. Примерно 700–900 лет назад леса около болота были вырублены под пашни (древние поселения), а уже во второй половине XX в. его северная окраина была осушена в период строительства города.

Данное болото представляет собой уникальный объект, которому необходимо придание статуса «ценного объекта живой природы» с ограничением рекреационного использования.

Лекарственные растения. Химический состав растений в значительной степени определяется содержанием тяжелых металлов в почвах, физико-химическими свойствами почв, такими как значение рН, гранулометрический состав, содержание органического вещества и другими, определяющими степень их доступности растениям, интенсивностью антропогенной нагрузки, а также видовыми особенностями растений, их возрастом и физиологической ролью тяжелых металлов [70]. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки проблема экологической чистоты лекарственных растений становится актуальной даже для сырья, собранного в относительно чистых местах, не испытывающих техногенной нагрузки.

Авторами были проведены исследования по определению содержания тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности (свинца, кадмия, цинка, меди и никеля) в составе лекарственного растительного сырья, собранного в окрестностях г. Дубны (рис. 8.1), а также приобретенного в аптечной сети города. Всего было исследовано 7 различных видов лекарственных растений: иван-чай узколистный (*Chamerion angustifolium* L. Holub), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmifolia* L. Maxim.), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.). Почвы в местах сбора лекарственных растений сформированы на древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях и характеризуются низким содержанием микроэлементов.

Пробоподготовку анализируемого растительного материала проводили в трехкратной повторности для каждой партии исследуемого сырья. Разложение растительных образцов осуществлялось с помощью микроволновой системы пробоподготовки МС-6. Содержание тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd, Cu, Ni) определяли методом атомной абсорбции в государственном университете «Дубна».

В настоящий момент не существует утвержденных нормативов, регламентирующих содержание тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье [144, 154]. В связи с этим для оценки уровня содержания тяжелых металлов были использованы предельно допустимые концентрации, приведенные в методике определения содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах [119]. В данной методике из исследованных тяжелых металлов установлены ПДК для свинца (Pb) и кадмия (Cd).

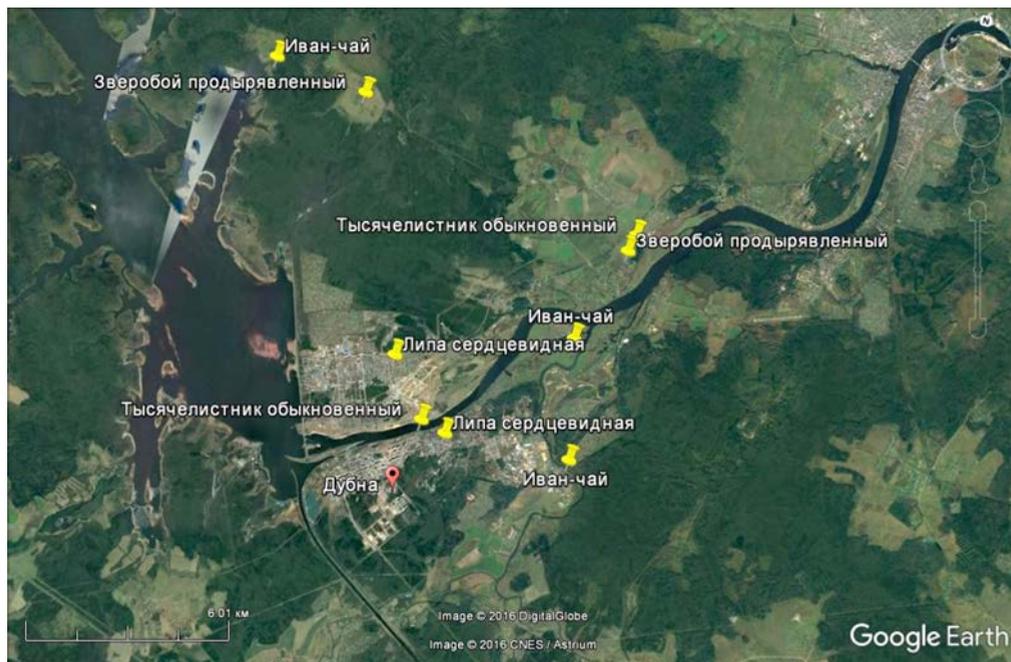


Рис. 8.1. Картограмма мест сбора лекарственных растений в окрестностях г. Дубны

Средняя концентрация тяжелых металлов в исследованных лекарственных растениях представлена в табл. 8.1. Результаты исследований показали, что содержание токсичных элементов, таких как кадмий и свинец, в образцах не превышает ПДК по тяжелым металлам, предложенные Государственной фармакопеей [119].

В половине обследованных образцов лекарственных растений свинец (Pb) и кадмий (Cd), которые не являются физиологически важными элементами для растений, находятся ниже предела обнаружения. Содержание **свинца (Pb)** варьирует от 0,32 до 3,15 мг/кг, что не превышает предельно допустимых концентраций для лекарственного растительного сырья. Высокое содержание свинца (3,15 мг/кг), превышающее среднее значение в растениях на незагрязненных почвах (1,5 мг/кг для надземной части трав), наблюдалось в образце иван-чая узколистного (*Chamerion angustifolium L. Holub*) из аптечной сети.

Содержание **кадмия (Cd)** на уровне ПДК для лекарственного растительного сырья, рекомендуемых Государственной фармакопеей РФ, обнаружено в образцах зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum L.*) — 1,01 мг/кг и тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium L.*) — 1,02 мг/кг, приобретенных в аптечной сети. Повышенные концентрации кадмия, от 0,5 до 1 ПДК, обнаружены в образцах кровохлебки лекарственной (*Sanguisorba officinalis L.*) (аптечное сырье) — 0,87 мг/кг, зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum L.*) и иван-чая узколистного (*Chamerion angustifolium L. Holub*) — 0,59 и 0,50 мг/кг соответственно.

Таблица 8.1. Средняя концентрация тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье, мг/кг сухого вещества

Виды лекарственных растений и место их сбора	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), г. Дубна, Ратмино	1,25 ± 0,07	27,58 ± 1,25	0,50 ± 0,33	6,15 ± 0,54	5,98 ± 0,38
Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), аптечное сырье	3,15 ± 0,22	27,59 ± 1,27	—	6,23 ± 0,27	2,25 ± 0,13
Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), аптечное сырье	0,42 ± 0,02	26,97 ± 0,94	—	7,33 ± 0,48	10,41 ± 0,47
Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), Кимрский р-н	—	17,51 ± 0,22	—	4,22 ± 0,1	0,87 ± 0,06
Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), г. Дубна, «Кентавр»	—	24,29 ± 0,28	—	5,11 ± 0,09	1,00 ± 0,05
Кровохлебка лекарственная (<i>Sanguisorba officinalis</i> L.), аптечное сырье	0,67 ± 0,06	25,22 ± 0,79	0,87 ± 0,37	5,66 ± 0,3	2,25 ± 0,21
Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill.), г. Дубна, стадион «Наука»	—	15,77 ± 0,28	—	3,33 ± 0,09	0,86 ± 0,04
Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill.), г. Дубна, левобережная часть	—	26,29 ± 0,15	—	5,70 ± 0,08	0,50 ± 0,04
Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill.), аптечное сырье	—	20,51 ± 0,09	—	7,95 ± 0,04	0,87 ± 0,06
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.), г. Дубна, набережная р. Волги	—	27,57 ± 0,86	—	6,55 ± 0,08	2,35 ± 0,12
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.), Кимрский р-н, Топорок	0,70 ± 0,09	24,28 ± 0,31	0,19 ± 0,01	8,30 ± 0,20	0,93 ± 0,12
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.), аптечное сырье	1,15 ± 0,02	28,06 ± 0,53	1,02 ± 0,12	9,50 ± 0,02	2,23 ± 0,16

Окончание табл. 8.1

Виды лекарственных растений и место их сбора	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
Таволга вязолистная (<i>Filipendula ulmifria</i> L. Maxim.), г. Дубна, «Кентавр»	1,00 ± 0,52	43,53 ± 0,64	0,12 ± 0,03	12,09 ± 0,14	6,14 ± 0,11
Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), Кимрский р-н, Ларцево	—	22,83 ± 0,17	0,59 ± 0,01	5,68 ± 0,12	0,66 ± 0,03
Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), Кимрский р-н, Топорок	—	49,96 ± 0,38	0,11 ± 0,02	12,78 ± 0,17	0,06 ± 0,03
Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), аптечное сырье	0,32 ± 0,03	35,07 ± 0,33	1,00 ± 0,03	10,53 ± 0,2	2,75 ± 0,08
Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.), аптечное сырье	0,78 ± 0,23	19,96 ± 0,25	0,27 ± 0,02	7,15 ± 0,18	0,86 ± 0,20
Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.), Кимрский р-н, Топорок	—	19,11 ± 0,11	0,25 ± 0,01	8,17 ± 0,07	0,40 ± 0,01
ПДК [119]	6,00	—	1,00	—	—
Верхний предел достаточной (нормальной) концентрации по [70]	10,0	150,0	0,2	30,0	5,0
Содержание в надземной части трав на незагрязненных почвах по [62]	1,5	33,1	0,64	8,6	8,9
<i>Примечание.</i> «—» ниже предела обнаружения.					

Высокая степень накопления характерна также для таких жизненно необходимых элементов, как медь (Cu) и цинк (Zn). Высокие концентрации **цинка (Zn)** в лекарственных растениях, собранных в окрестностях г. Дубны, обнаружены в образцах таволги вязолистной (*Filipendula ulmifria* L. Maxim.) — 43,53 мг/кг и зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) — 49,96 мг/кг, что выше среднего содержания цинка в надземной части трав на незагрязненных почвах, составляющего, по данным Б. И. Ильина [62], в среднем 33,1 мг/кг, но значительно ниже избыточных или токсичных концентраций, согласно [70] составляющих 100–400 мг/кг сухого вещества.

Содержание **меди (Cu)** в исследованном лекарственном сырье составляет от 3,33 до 12,78 мг/кг. Максимальное содержание меди, так же как и цинка, отмечается в образцах зверобоя продырявленного (*Hypericum*

perforatum L.) — 12,78 мг/кг и таволги вязолистной (*Filipendula ulmifolia* L. Maxim.) — 12,09 мг/кг. Среднее содержание меди в составе лекарственных растений, собранных в окрестностях г. Дубны, находится на уровне 7,17 мг/кг, что не превышает средних значений для надземной части трав на незагрязненных территориях, составляющих 8,6 мг/кг [62], и значительно ниже избыточных или токсичных (20–100 мг/кг) по [70].

Так же как цинк и медь, **никель (Ni)** был обнаружен во всех образцах лекарственных растений. Содержание никеля в лекарственном растительном сырье составляло от 0,06 до 10,41 мг/кг. Максимальная концентрация отмечалась в образцах иван-чая узколистного (*Chamerion angustifolium* L. Holub) из аптечной сети.

Среднее содержание свинца, кадмия, цинка, меди и никеля в составе лекарственных растений, собранных в окрестностях г. Дубны, ниже средних значений для лекарственных растений, приобретенных в аптечной сети города. Так, среднее содержание кадмия в составе лекарственных растений, собранных в окрестностях города, составляет 0,29 мг/кг, в растениях, приобретенных в аптечной сети, — 0,69 мг/кг; свинца — 0,65 и 1,04 мг/кг; никеля — 1,72 и 3,05 мг/кг соответственно.

Вероятно, это связано с тем, что почвы в местах сбора лекарственных растений характеризуются низким содержанием микроэлементов и, кроме того, не испытывают сильного антропогенного загрязнения.

В липе сердцевидной не обнаружены такие тяжелые металлы, как кадмий и свинец, никель обнаружен в минимальных количествах, в среднем 0,74 мг/кг. Вероятно, липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.) практически не накапливает тяжелые металлы в соцветиях, которые используются как лекарственное сырье.

Исследованные лекарственные растения в окрестностях г. Дубны не представляют опасности с точки зрения накопления тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd, Cu, Ni) и могут быть рекомендованы для сбора и заготовки.

Глава 9

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ БИОИНДИКАЦИИ

В системе комплексной экологической оценки урбанизированных территорий важное место занимает биомониторинг и биоиндикация. Эффективность эколого-геохимических исследований резко возрастает, если кроме данных о величине техногенной нагрузки имеется информация о ее воздействии на биоту.

Многообразие поллютантов и видов воздействия на среду уже сейчас исчисляется тысячами наименований и продолжает расти. Это означает, что определение содержания каждого поллютанта в различных компонентах среды и лабораторная оценка его токсичности, в особенности кумулятивного эффекта всего многообразия сочетаний различных воздействий, становятся невозможными. В такой ситуации получение интегральной информации о качестве среды при всем комплексе воздействий представляется наиболее важным. Достижение этой цели возможно посредством оценки состояния живых существ, что необходимо для получения информации о благополучии среды и ее пригодности для существования человека.

Биоиндикационные исследования растительности методом флуктуирующей асимметрии листовой пластины древесных пород и травянистых растений на территории г. Дубны проводились в 2003, 2005 и 2008 гг. Величина флуктуирующей асимметрии для билатерально-симметричных организмов характеризует мелкие ненаправленные нарушения стабильности развития и является интегральным ответом организма на все многообразие действующих на него факторов [89]. При анализе флуктуирующей асимметрии оценивается величина математической дисперсии различий между сторонами от некоторого среднего различия между сторонами, имеющего место в рассматриваемой выборке. Величина дисперсии асимметрии не зависит от абсолютных размеров признака. При этом получается точная количественная оценка величины флуктуирующей асимметрии даже при наличии направленной асимметрии [89, 86]. Растения, как продуценты экосистемы, в течение всей жизни привязанные к локальной территории и подверженные влиянию двух сред: почвенной и воздушной, наиболее полно отражают весь комплекс негативных воздействий на систему. В качестве биоиндикаторов были использованы: береза белая (*Betula alba*), клен остролистный (*Acer platanoides*), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara*), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*).

Пробоотбор проводился по единой сети наблюдения, заложенной в 1997 г. (113 точек). Биологический материал собирался равномерно по всей территории города после завершения интенсивного роста листьев в конце июня: 2003 г. — 93 точки, 2005 г. — 91 точка, 2008 г. — 84 точки пробоотбора [80, 86, 11]. Уменьшение количества точек наблюдения связано с постоянной застройкой, в том числе точечной, благоустройством территорий, что приводит к сокращению числа индикационных видов.

Листья собирались примерно одного, среднего для данного вида размера. В каждой точке отбиралось максимальное количество видов. Интерес представлял не размер жилок, а разница между длинами справа и слева. Коэффициент флуктуирующей асимметрии был рассчитан отдельно для каждого вида. Интегральный анализ проводился на основе поверхности распределения среднеарифметических значений коэффициента флуктуирующей асимметрии по всем видам растений. Полученные данные обрабатывались с помощью программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel. Результаты статистической обработки полученных значений коэффициента флуктуирующей асимметрии представлены в табл. 9.1. Визуализация полученных результатов выполнена с помощью программного комплекса Surfer 9.0 (рис. 9.1).

Таблица 9.1. Статистические показатели интегрального коэффициента флуктуирующей асимметрии на территории г. Дубны

Год	\bar{X}	<i>Med</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>D</i>	σ	$S_{\bar{X}}$	K_a	<i>E</i>
2003 (<i>n</i> = 93)	0,007	0,006	0,001	0,018	0,000	0,003	0,000	0,791	0,506
2005 (<i>n</i> = 91)	0,006	0,005	0,002	0,015	0,000	0,003	0,000	1,144	1,389
2008 (<i>n</i> = 84)	0,005	0,005	0,002	0,015	0,000	0,003	0,000	1,567	3,134

Как показали исследования, территория г. Дубны по величине коэффициента флуктуирующей асимметрии неоднородна. Неоднородность (мозаичность) распределения коэффициента флуктуирующей асимметрии отмечается в течение всего периода наблюдений, что указывает на большое количество точечных источников загрязнения окружающей среды (см. рис. 9.1). Выделяются несколько областей с повышенными показателями коэффициента флуктуирующей асимметрии — в диапазоне от 0,0065 до 0,0095. Наблюдается увеличение минимального значения и снижение максимального значения коэффициента флуктуирующей асимметрии. Фактически неизменное значение среднего свидетельствует о довольно устойчивой антропогенной нагрузке на территории г. Дубны. Анализ динамики изменения значений интегрального коэффициента флуктуирующей асимметрии позволяет прогнозировать увеличение коэффициента (ухудшение состояния окружающей среды) в районе университета и промзоны «Александровка».

Особый интерес представляет сопоставление картосхем экологического состояния г. Дубны по данным биоиндикации с данными по загрязнению атмосферного воздуха [149]. Сравнительный анализ показал, что в городе существуют районы, где наблюдаются как максимальные значения коэффициентов флуктуирующей асимметрии, так и наибольшие превышения предельно

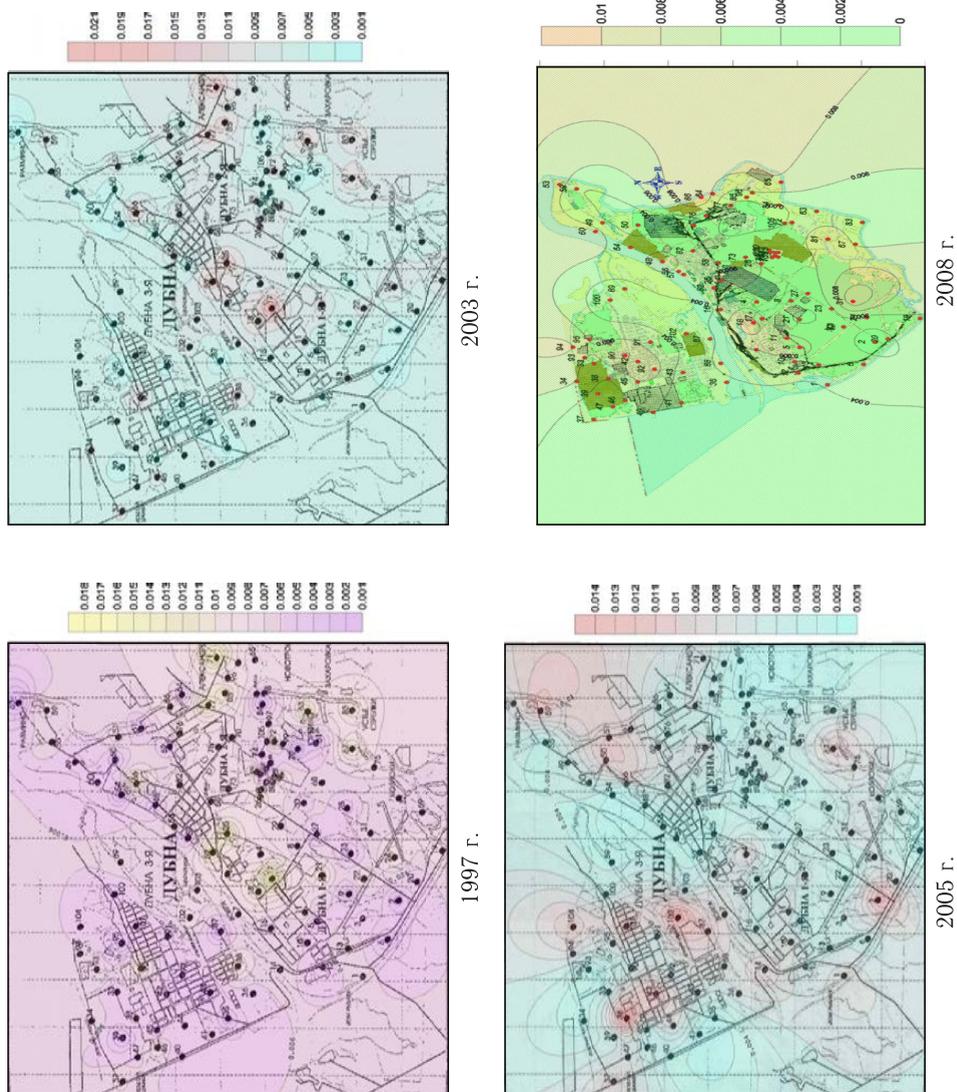


Рис. 9.1. Распределение интегрального коэффициента флуктуирующей асимметрии на территории г. Дубны

допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: центр правобережной части города, промзона «Александровка», промышленный район левобережной части г. Дубны. В то же время есть ряд крупных районов, в которых отмечаются повышенные значения коэффициента флуктуирующей асимметрии и не выявлено неблагоприятное состояние атмосферного воздуха, в частности, район Восточной котельной, пляж Ивановского водохранилища, район Северной канавы, а также район полигона ТБО «Дубна правобережная». Таким образом, при биоиндикационной оценке окружающей среды города выявлено большее количество районов с некоторыми отклонениями от нормы, чем при анализе качества атмосферного воздуха, почв и снежного покрова. Этот факт свидетельствует о том, что объектами воздействия на природную среду являются не только источники выбросов в атмосферу города.

Е. А. Баскаковой и О. А. Савватеевой [9] для оценки состояния окружающей среды города были проведены исследования состояния хвойных пород. В качестве биоиндикатора использована сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Пробоотбор выполнен в 58 точках по всем функциональным зонам города. Как показали исследования, в основном на территории г. Дубны произрастают деревья сосны обыкновенной, относящиеся к 1-й категории состояния, т. е. без признаков ослабления. В левобережной части города выделен достаточно большой по площади участок с деревьями сосны обыкновенной, которые имеют 2-ю категорию состояния, т. е. деревья ослабленные. Данная территория прилегает к предприятиям ОАО «ДМЗ им. Н. П. Федорова» и ГосМКБ «Радуга». В правобережной части города деревья сосны обыкновенной относятся ко 2-й категории состояния на всей территории Институтской части города, а также на двух небольших по площади локальных участках: участке дороги на Москву у поста ГИБДД и в районе расположения АО «Приборный завод "Тензор"» и мебельного производства «Экомебель».

Глава 10

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

На основе всех полученных данных, а также построенных картосхем был проведен комплексный анализ экологического состояния территории г. Дубны.

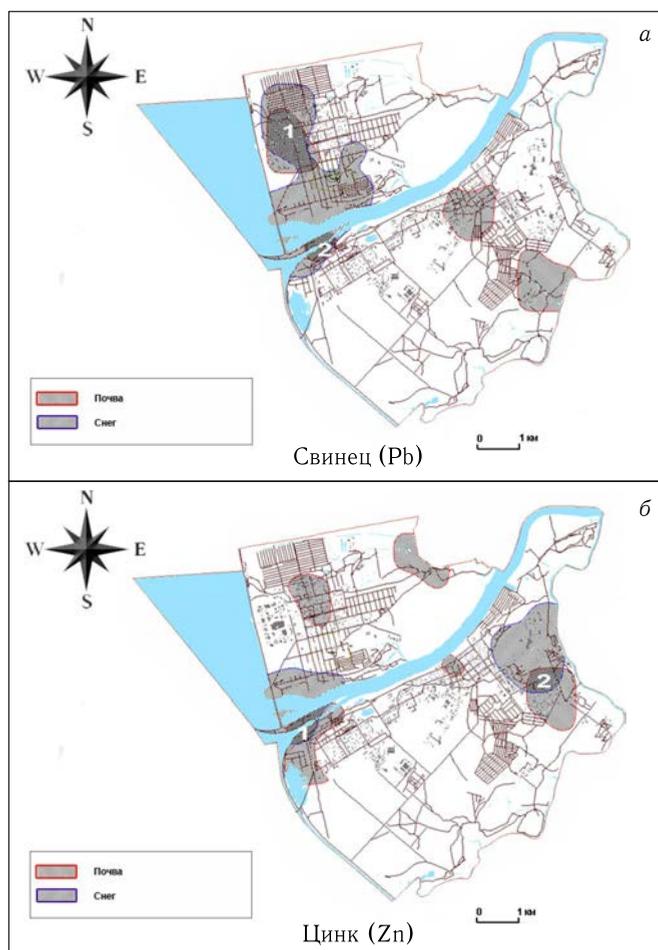


Рис. 10.1. Зоны повышенного содержания свинца (а) и цинка (б) в почве и снежном покрове на территории г. Дубны

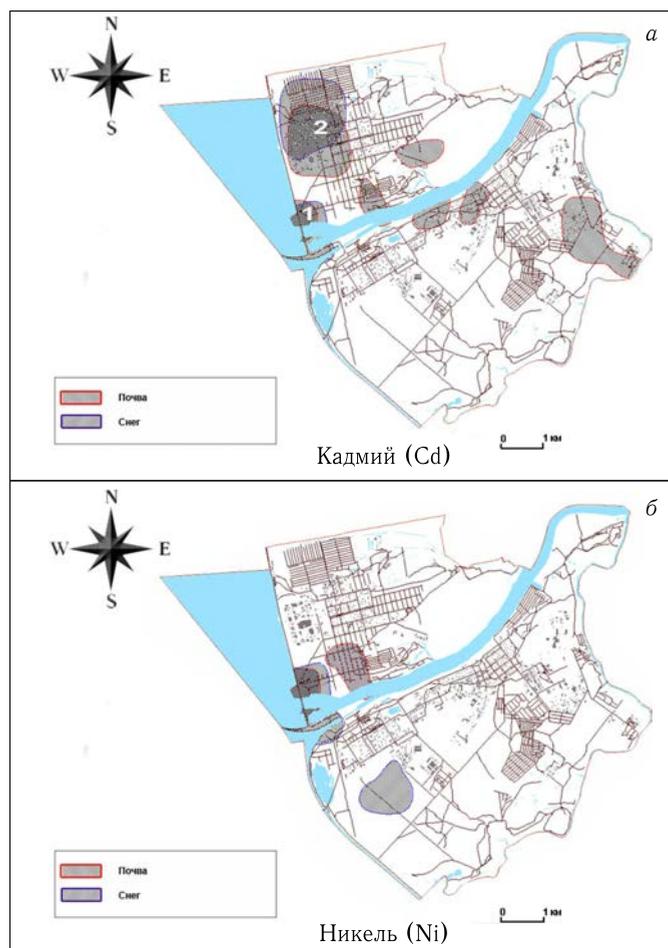


Рис. 10.2. Зоны повышенного содержания кадмия (а) и никеля (б) в почве и снежном покрове на территории г. Дубны

Сопряженный анализ загрязнения почв и снежного покрова позволил провести районирование г. Дубны по динамическим особенностям загрязнения. Наибольший интерес представляет сопоставление картосхем содержания тяжелых металлов в почве и среднесуточной нагрузки этих элементов с атмосферными выпадениями (рис. 10.1, 10.2), а также сопоставление распределения значений рН почвы и снежного покрова.

Частичное наложение зон повышенных значений содержания тяжелых металлов в почве и снежном покрове отмечается в районе туннеля и плотины (Pb, Zn, Cd, Ni); восточнее левобережной промзоны (Pb, Cd), где расположены предприятия машиностроительного комплекса; в промзоне «Александровка» (Zn). На большей части территории города отмечается совпадение слабощелочных и щелочных значений рН.

Таким образом, в настоящее время основным устойчивым источником загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Дубны является автотранспорт, максимальную нагрузку несет район расположения туннеля и плотины, соединяющих левобережную и правобережную части города (до строительства и ввода в эксплуатацию моста в конце 2018 г. это было единственное транспортное сообщение), — совпадение по всем металлам, за исключением меди. Также выделяется промзона в западной части левобережной части города, где расположены предприятия машиностроительного комплекса (ГосМКБ «Радуга», ОАО «ДМЗ им. Н. П. Федорова» и др.), основными загрязнителями являются свинец и кадмий.

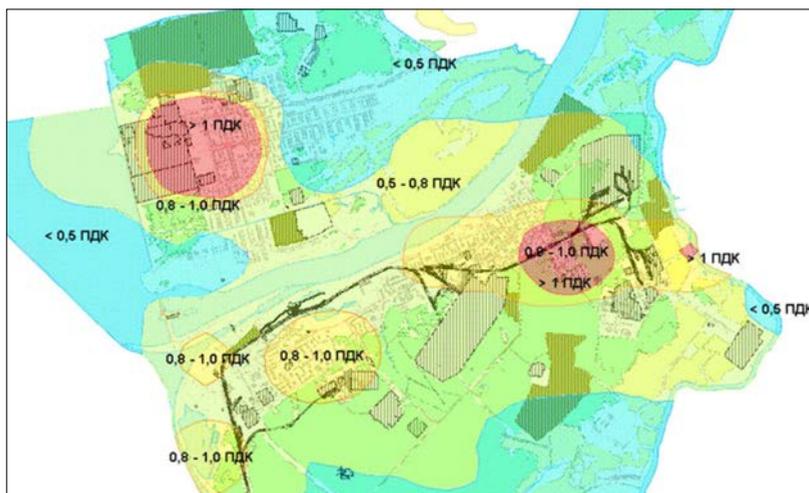


Рис. 10.3. Районирование территории г. Дубны по результатам сводного расчета рассеивания от промышленных предприятий и автотранспорта [149]

Районирование территории г. Дубны по состоянию почв, снежного покрова и данным биоиндикации во многом коррелирует с картосхемой районирования территории города по состоянию атмосферного воздуха (рис. 10.3), построенной по результатам сводного расчета рассеивания от промышленных предприятий и автотранспорта [149]. По состоянию атмосферного воздуха на территории города выделяются районы с неблагоприятной и умеренно неблагоприятной экологической обстановкой, которые приурочены к местам сосредоточения основных промышленных предприятий и транспортных потоков города: промышленный район левобережья (северо-восточная граница), промзона «Александровка», участок слияния районов Черная речка и Большая Волга [149].

Глава 11

СИСТЕМА ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

Организация упорядоченного обращения с отходами производства и потребления, т. е. их сбора, удаления, обезвреживания, переработки, использования, уничтожения и т. п., превратилась в последние годы в одну из наиболее острых экологических проблем России.

В Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г., утвержденной указом Президента РФ от 12.05.2009 № 537, обеспечение экологической безопасности и рациональное ресурсопользование названо приоритетным [158]. В 2012 г. Президентом РФ утвержден ключевой документ, определивший основные направления деятельности в области охраны окружающей среды на долгосрочную перспективу, — «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.» [107]. Согласно данному документу одной из основных задач государственной политики в области экологического развития является обеспечение экологически безопасного обращения с отходами. При решении данной задачи используются следующие механизмы [107]:

- предупреждение и сокращение образования отходов, их вовлечение в повторный хозяйственный оборот посредством максимально полного использования исходного сырья и материалов, предотвращения образования отходов в источнике их образования, сокращения объемов образования и снижения уровня опасности отходов, использования образовавшихся отходов путем переработки, регенерации, рекуперации, рециклинга;
- внедрение и применение малоотходных и ресурсосберегающих технологий и оборудования;
- создание и развитие инфраструктуры экологически безопасного удаления отходов, их обезвреживания и размещения;
- поэтапное введение запрета на захоронение отходов, не прошедших сортировку, механическую и химическую обработку, а также отходов, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья (металлом, бумага, стеклянная и пластиковая тара, автомобильные шины и аккумуляторы и др.);
- установление ответственности производителей за экологически безопасное удаление произведенной ими продукции, представленной готовыми изделиями, утратившими свои потребительские свойства, а также связанной с ними упаковки;

- обеспечение экологической безопасности при хранении и захоронении отходов и проведение работ по экологическому восстановлению территорий объектов размещения отходов после завершения эксплуатации указанных объектов.

Основными принципами государственной политики в области обращения с отходами являются [163]:

- охрана здоровья человека, поддержание или восстановление благоприятного состояния окружающей среды и сохранение биологического разнообразия;
- научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества в целях обеспечения устойчивого развития общества;
- использование наилучших доступных технологий при обращении с отходами;
- комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов;
- использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот;
- доступ в соответствии с законодательством Российской Федерации к информации в области обращения с отходами;
- участие в международном сотрудничестве Российской Федерации в области обращения с отходами.

Отходы производства и потребления — это вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению [163].

Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [163] в порядке приоритета определяет следующие направления государственной политики в области обращения с отходами:

- максимальное использование исходных сырья и материалов;
- предотвращение образования отходов;
- сокращение образования отходов и снижение класса опасности отходов в источниках их образования;
- обработка отходов;
- утилизация отходов;
- обезвреживание отходов.

Утилизация отходов — это использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация) [163].

Обезвреживание отходов — это уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание и (или) обез-

зараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду [163].

Сбор отходов — это прием отходов в целях их дальнейших обработки, утилизации, обезвреживания, размещения лицом, осуществляющим их обработку, утилизацию, обезвреживание, размещение [163].

Объекты размещения отходов — это специально оборудованные сооружения, предназначенные для размещения отходов (полигон, шламохранилище, в том числе шламовый амбар, хвостохранилище, отвал горных пород и др.) и включающие в себя объекты хранения отходов и объекты захоронения отходов [163].

Объекты захоронения отходов — это предоставленные в пользование в установленном порядке участки недр, подземные сооружения для захоронения отходов I–V классов опасности в соответствии с законодательством Российской Федерации о недрах [163].

Объекты хранения отходов — это специально оборудованные сооружения, которые обустроены в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предназначены для долгосрочного складирования отходов в целях их последующих утилизации, обезвреживания, захоронения [163].

Объекты обезвреживания отходов — это специально оборудованные сооружения, которые обустроены в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предназначены для обезвреживания отходов [163].

Общая величина накопленных и учтенных отходов производства и потребления в целом по стране на конец 2016 г. составляла порядка 40,7 млрд т. Подавляющая часть накопленных и идентифицированных отходов относится к V классу опасности, т. е. к неопасным отходам, — 40,3 млрд т, или почти 99 % от их общего объема. Оставшаяся часть приходится на опасные отходы, в том числе отнесенные к I классу опасности — 26 тыс. т, II классу — 392 тыс. т, III классу — около 177 млн т и IV классу опасности — свыше 314 млн т [46].

В 2017 г. количество образованных отходов производства и потребления в России составило 6221 млн т, из них: I класса опасности — 0,02 млн т, II класса — 0,22 млн т, III класса — 17,1 млн т, IV класса — 80,4 млн т, V класса — 6112,9 млн т. По данным Государственного доклада, наибольший объем образования отходов приходится на добычу полезных ископаемых — 92 %. Общий прирост удельного показателя общего объема образования отходов на единицу ВВП с 2011 по 2017 г. составил 30,3 т на 1 млн руб., или 44,6 %. Количество отходов, направленных на захоронение, в 2017 г. составило 826 млн т. Суммарный объем вывоза твердых коммунальных отходов (ТКО) в целом по России составил 274,4 млн м³, или 0,88 % от общего количества образованных отходов [45].

На объекты по переработке и сжиганию ТКО в стране пока поступает относительно небольшая часть отходов. В частности, в 2017 г. на мусоро-

перерабатывающие объекты было направлено около 28 млн м³ (10% от общего объема вывоза), а на мусоросжигательные заводы — 12 млн м³ ТКО (8,3%). Остальная часть подвергается захоронению на полигонах ТБО. За последние пятнадцать лет показатель образования ТКО увеличился почти вдвое. При этом возросло негативное воздействие на окружающую среду и увеличились потери вторичных материальных ресурсов. В настоящее время недостаточно развита отрасль по переработке отходов.

На территории Российской Федерации захоронение твердых коммунальных отходов осуществляется на 989 объектах, включенных в государственный реестр объектов размещения отходов (ГРОРО) и расположенных на территории всех субъектов РФ, за исключением городов федерального значения. На территории страны также расположено большое количество полигонов, а точнее, санкционированных свалок, которые были построены в 1960-х гг., их состояние не соответствует санитарно-эпидемиологическим и экологическим требованиям, а оставшийся ресурс для захоронения практически исчерпан.

На территории Московской области и г. Москвы в 2016 г. образовалось около 12 млн т твердых и прочих коммунальных отходов (20% ТКО Российской Федерации). Захоронению подвергается около 90% ТКО. По состоянию на 1 января 2018 г. на территории Московской области действуют 15 полигонов ТБО, общая мощность которых составляет около 2,7 млн т в год. За последние пять лет закрыто 24 полигона ТБО. При таком объеме образования ТКО в Московском регионе мощности действующих полигонов хватит на два-три года работы [66].

Критическая ситуация, связанная с исчерпанием остаточной вместимости полигонов, провоцирует рост тарифов на услуги по утилизации ТКО для организаций коммунального комплекса. Это создает дополнительную нагрузку на малый и средний бизнес. Снижая издержки, предприниматели избавляются от отходов в несанкционированных местах размещения отходов — свалках мусора, которые являются одним из наиболее значимых факторов загрязнения окружающей среды, оказывающих негативное воздействие практически на все компоненты природной среды: недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы.

Основными проблемами, связанными с размещением отходов на полигонах Московской области, являются [14]:

— сложности подбора земельных участков, подходящих для строительства новых объектов размещения отходов, а также для расширения существующих полигонов с целью продления срока их эксплуатации, связанные с высокой плотностью населения, застройки, нежеланием жителей проживать вблизи мест расположения полигонов;

— недостаток бюджетных средств на реконструкцию и рекультивацию полигонов, в том числе на разработку проектно-сметной документации.

Отдельные элементы ТКО — например, стеклоизделия и стеклобой, керамика и ее отходы, ряд цветных металлов, многие пластики, другие материалы — слабо разлагаются, окисляются и/или иным образом саморазрушаются в окружающей среде. В результате не только происходит их постоянно возрас-

тающее и концентрированное накопление в специально отведенных местах, но и требуется отведение новых территорий под соответствующие полигоны взамен действующих, но переполненных объектов захоронения. В то же время рекультивация земельных участков под закрываемыми полигонами и свалками ведется недостаточными темпами. Указанные полигоны и свалки зачастую являются источниками загрязнения различными вредными веществами не только почвенно-земельных ресурсов, но и атмосферного воздуха (в том числе парниковыми газами) в результате разложения некоторых отходов, трудно тушимых пожаров и т. д., водных ресурсов — в первую очередь находящихся в подземных горизонтах — при фильтрации вредных веществ с поверхности земли. Кроме того, указанные объекты могут служить источником биологического загрязнения, поскольку способствуют распространению крыс, являются местом нежелательного скопления птиц, бродячих животных и т. д. [46].

Данный способ удаления отходов потребления является наиболее распространенным и представляет собой создание своеобразной «бомбы замедленного действия», которая несет в себе санитарно-эпидемиологическую и экологическую опасность. Опасность, исходящая от полигонов захоронения отходов, не ограничивается временем их активной эксплуатации, а сохраняется еще очень длительное время, в отдельных случаях их пагубное влияние начинается только через 20–30 лет после закрытия.

Государственная политика в сфере обращения с ТКО направлена на максимальное вовлечение вторичных материальных ресурсов в хозяйственный оборот, а также сокращение объема захораниваемых ТКО, что предотвратит и снизит текущее негативное воздействие на окружающую среду.

Отрасль по обращению с отходами в Московской области нуждается в срочном реформировании. Концептуальными направлениями реформирования являются:

- снижение загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления, в том числе ТКО;
- предупреждение и сокращение образования отходов, их вовлечение в повторный хозяйственный оборот;
- реализация проектов в сфере обращения с отходами, предусматривающих глубину переработки отходов не менее 50 %;
- создание и развитие инфраструктуры экологически безопасной обработки, утилизации отходов, их обезвреживания и размещения;
- поэтапное введение запрета на захоронение отходов, не прошедших сортировку, механическую обработку, а также отходов, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья, и отходов, захоронение которых запрещено в соответствии с законодательством;
- обеспечение экологической безопасности при хранении и захоронении отходов и проведение работ по экологическому восстановлению территорий, занятых под полигоны ТБО, после завершения эксплуатации указанных полигонов.

В соответствии с реформой отрасли по обращению с отходами Министерством экологии и природопользования Московской области ведется работа по

формированию территориальной схемы и региональной программы в области обращения с отходами, предусматривающих мероприятия по максимальному вовлечению отходов в хозяйственный оборот, их обработку, утилизацию и обезвреживание. Планируемый срок создания отрасли по переработке отходов на территории Московской области составляет три-четыре года. Подготовлена концепция разработки Государственной программы по утилизации отходов на территории Московской области, предусматривающая:

- создание единой системы обращения с отходами на уровне субъекта федерации;
- исключение захоронения отходов, не прошедших переработку;
- осуществление обращения с отходами вертикально интегрированными компаниями (участниками региональной программы), осуществляющими сбор, вывоз, переработку и захоронение отходов;
- конкурсную основу отбора компаний для участия в программе по утилизации отходов;
- субсидирование переработки отходов из бюджета Московской области;
- развитие рынка вторичных ресурсов.

Реформирование существующей системы обращения с отходами Московской области предусматривает создание инфраструктуры обращения с отходами на территории Московской области, что должно привести к значительному сокращению объемов твердых коммунальных отходов, размещаемых на полигонах, увеличению объема их переработки и вовлечению во вторичный оборот.

В основу предлагаемой реформы заложено создание структурно-логических систем обращения с отходами, предусматривающих предоставление совокупного комплекса услуг от сбора и транспортировки до переработки и захоронения отходов, с учетом реализации следующих принципов:

- улучшение экологической обстановки и качества обслуживания населения;
- полное удовлетворение потребностей региона в утилизации отходов населения и предприятий;
- соответствие современным экологическим требованиям в сфере обращения и обезвреживания отходов;
- создание прозрачной и контролируемой системы управления.

Планируемая система обращения с отходами в первую очередь направлена на создание мощностей по переработке. Предполагается также включение в систему мусороперегрузочных станций с целью консолидации потоков, сортировки и измельчения крупногабаритного мусора.

Создание на всей территории Московской области базовой инфраструктуры переработки и захоронения отходов предполагается реализовать на основании долгосрочных инвестиционных контрактов, структурированных на базе государственно-частного партнерства.

С целью организации и проведения конкурса на оказание услуг по утилизации и переработке отходов в рамках соглашения о государственно-частном партнерстве Правительством Московской области осуществляются мероприя-

тия по подбору и оформлению земельных участков для новых объектов в сфере обращения с отходами.

Вследствие роста численности населения, повышения уровня жизни и соответственного увеличения потребления товаров во всем мире отмечается резкое возрастание количества отходов. Исчерпание природных ресурсов, дефицитность многих безвозвратно теряемых ресурсов требуют пересмотра отношения к образующимся отходам в пользу политики, ориентированной на ресурсосбережение. Основой ресурсосбережения является комплексное использование природных и материальных ресурсов, максимальное устранение потерь и нерациональных расходов, максимальное вовлечение в хозяйственный оборот вторичных материальных ресурсов.

11.1. Твердые коммунальные отходы

По результатам всероссийского опроса ВЦИОМ, проведенного в рамках исполнения поручения главы Минприроды России, 44 % опрошенных на второе место среди экологических проблем поставили образование твердых коммунальных отходов [112].

Твердые коммунальные отходы — это отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [163].

Объемы накопления ТКО и их морфологический состав чрезвычайно разнообразны и зависят не только от страны и местности, но и от времени года и от многих других факторов. Бумага и картон составляют наиболее значительную часть ТКО (до 40 % в развитых странах). Вторая по величине категория в России — это так называемые органические, в том числе пищевые, отходы. Металл, стекло и пластик составляют по 2–6 % от общего количества отходов. Примерно по 1–5 % приходится на дерево, текстиль, резину и т. д.

Первоочередной задачей в решении проблемы ТКО является разработка оптимальных систем их сбора и удаления (транспортировки).

По данным Академии коммунального хозяйства, от 70 до 80 % морфологического состава ТКО представляют собой потенциальное сырье для использования в промышленности [14]. Таким образом, большую часть компонентов, входящих в состав ТКО, можно вовлекать во вторичную переработку в качестве материального сырья. Согласно критерию ресурсосбережения содержание ценных компонентов в исходном сырье необходимо получить путем отдельного сбора отходов для обеспечения максимального выхода вторичной продукции.

Вторичные материальные ресурсы — это отходы производства и потребления, образующиеся в народном хозяйстве, для которых существует возможность повторного использования непосредственно или после дополнительной обработки [43]. Вовлечение части ТКО в хозяйственный оборот в качестве вторичных источников сырья и энергоресурсов дает экологический и экономический эффект, который позволяет существенно уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду в условиях продолжающегося необратимого сокращения природных ресурсов.

Раздельный сбор отходов в местах их образования позволяет отделить ценные компоненты ТКО от биоразлагающихся отходов, а также выделить опасные отходы (отработанные люминесцентные лампы, аккумуляторы, батарейки). Селективный покомпонентный сбор у населения отходов потребления (макулатура, текстиль, пластмассы, стеклотара, металлы и др.) практикуется во многих странах, что предотвращает попадание в ТКО ряда ценных компонентов, перерабатываемых или используемых повторно. Кроме того, осуществляется селективный сбор опасных отходов — отработанных аккумуляторов и батареек, люминесцентных ламп, попадающих в составе ТКО на свалки и мусоросжигательные заводы и представляющих угрозу здоровью населения.

Организация раздельного сбора с последующей сортировкой на мусоросортировочном комплексе является наиболее экономичным вариантом извлечения фракций, поддающихся вторичной переработке и последующему вовлечению в хозяйственный оборот.

Согласно опросу «Левада-центра», проведенному по заказу Гринпис, 57 % россиян готовы начать разделять мусор, если у них в городе появятся бачки под разные виды отходов. Еще 6 % жителей нашей страны уже разделяют отходы дома и сдают на переработку. При этом около 75 % россиян сказали, что они не знают, есть ли в их городе пункты приема вторсырья или специальные бачки [115].

В рамках исполнения требований Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [163] с целью реформирования отрасли обращения с отходами на территории Московской области разработана региональная программа в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, утвержденная постановлением Правительства Московской области от 25.10.2016 № 795/39 [124]. Программой предусмотрен комплекс основных мероприятий, направленных на сокращение объемов захоронения отходов и вовлечения их в повторный хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья, на ликвидацию экологического ущерба в результате прошлой хозяйственной деятельности, повышение экологической культуры населения в сфере обращения с отходами. Программой установлены целевые показатели, в результате достижения которых в 2026 г. доля захораниваемых отходов должна снизиться с 95 до 42 %. Планируется охватить системой раздельного сбора отходов более 50 % населения в Московской области в случае успешной реализации пилотных проектов по раздельному сбору отходов.

В России пофракционный сбор вторичного сырья является более эффективным, чем многоконтейнерная система сбора. При такой схеме твердые коммунальные отходы делятся на два потока [166]:

- «сухой» поток, потенциальное вторсырье (незагрязненные макулатура, стекло, ПЭТФ-бутылки, полиэтиленовая пленка, алюминиевые банки и т. п.);
- «влажный» поток (оставшиеся части ТКО).

При такой системе сбора не происходит смешивания и загрязнения ценных компонентов пищевыми отходами, а вторсырье, собираемое отдельно, остается более высокого качества, чем смешанное. «Влажные» ТКО вывозят непосредственно на полигон ТБО для захоронения или на объекты компостирования, «сухие» ТКО направляют на мусоросортировочные станции, где осуществляется их механическая или ручная сортировка с выделением утилизируемых составляющих. Неутилизируемые составляющие ТКО удаляют для захоронения на полигонах, а выделенное вторичное сырье на мусоросортировочном комплексе брикетируется и продается предприятиям-переработчикам.

Разделение ТКО на два потока позволяет:

- обеспечить устойчивый режим работы сортировочного комплекса;
- получить максимальный объем смешанных вторичных материальных ресурсов для загрузки завода;
- обеспечить требуемое качество сортируемых вторичных материальных ресурсов.

Двухконтейнерная система сбора твердых коммунальных отходов имеет следующие преимущества:

- уменьшение необходимой площади земельного участка для организации контейнерной площадки;
- снижение затрат на обустройство контейнерной площадки;
- снижение затрат на приобретение и обслуживание контейнерного парка;
- снижение затрат на транспортирование отходов за счет сокращения количества транспортных средств и логистических маршрутов для сбора отходов.

Следует отметить, что необходимо полностью исключить попадание опасных отходов в места захоронения и переработать либо обезвредить их безопасными для окружающей среды методами. Для этого на каждой контейнерной площадке должен находиться специальный контейнер для опасных отходов. Также немаловажным является постоянное информирование жителей об опасности смешивания таких отходов с другими видами твердых коммунальных отходов.

В соответствии с Территориальной схемой обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Московской области намечено 13 «пилотных» муниципалитетов Подмосковья для организации двухконтейнерной системы сбора твердых коммунальных отходов, среди которых и г. Дубна [126]. Это населенные пункты с численностью населения свыше 100 тыс. человек, рядом с которыми имеется мусоросортировочный комплекс

и/или где уже осуществляется либо частично осуществляется раздельный сбор и необходимо дальнейшее развитие. На первые два года проведения пилотного проекта по раздельному сбору целевые показатели по отбору полезных фракций при сортировке устанавливаются на уровне 10%, после указанного периода и на основании данных по реализации пилотного проекта целевые показатели будут скорректированы.

Выделение большей доли вторичных ресурсов является наиболее эффективным в случае внедрения раздельного сбора отходов и последующего поступления данного потока на мусоросортировочные станции. Мусоросортировочные станции обеспечивают сортировку твердых коммунальных отходов путем выделения ценных фракций с последующим прессованием и пакетированием в блоки. Данная операция упрощает складирование, значительно сокращает транспортные расходы и обеспечивает возврат в товарный оборот ценных вторичных ресурсов общим объемом от 30 до 40% в зависимости от состава твердых коммунальных отходов.

Преимущества использования вторичных материальных ресурсов ТКО:

— экономятся невозобновимые ресурсы природы (нефть, газ, руды и т. д.), которые используют при добыче первичного материала;

— экономится энергия, потому что обычно для процессов переработки отходов ее потребление значительно меньше, чем для процессов добычи первичных материалов;

— уменьшается загрязнение окружающей среды, это связано с захоронением отходов на свалках (эмиссия, утечка, загрязнение почв);

— уменьшается эмиссия газов (CO, CO₂, NO_x, CH₄);

— уменьшается экологическая нагрузка от синтетических веществ, которые природа не способна ассимилировать, на окружающую среду;

— уменьшается площадь земли, необходимой для мест захоронения отходов (которая потом длительно не используется для хозяйственных целей).

Чтобы улучшить полезное использование отходов, необходимо:

— активизировать сортировку отходов и раздельный сбор в домашних хозяйствах и в общественных учреждениях;

— разработать и реализовать программы по уменьшению и переработке отходов, вложенные в эти мероприятия средства в общей сложности намного меньше средств, которые необходимы для предотвращения последствий загрязнения окружающей среды;

— увеличить заинтересованность предприятий в переработке используемых отходов, в связи с этим снижать налоги за переработку вторичных ресурсов.

Характеристика системы обращения с ТКО в г. Дубне. Согласно утвержденной Территориальной схеме обращения с отходами, в том числе твердыми коммунальными отходами, Московской области [126] Дубна вошла в перечень населенных пунктов Московской области, в которых будет осуществляться раздельный сбор твердых коммунальных отходов. Необходимо отметить, что наукоград Дубна с 2010 г. одним из первых в Московской области стал внедрять систему раздельного сбора и в настоящее время является лидером. Благодаря усилиям Администрации города и ООО «Рос-

сийско-финская компания "Экосистема"» на территории города в настоящее время осуществляется 100%-й раздельный сбор отходов.

Территория города подлежит регулярной очистке от отходов в соответствии с экологическими, санитарными и иными требованиями. Порядок обращения с отходами производства и потребления на территории г. Дубны утвержден решением Совета депутатов г. Дубны от 27.06.2013 № РС-6(74)-67/25 «Об утверждении Положения о порядке обращения с отходами производства и потребления на территории города Дубны Московской области» [139]. Данное положение определяет единый и обязательный для исполнения организационный порядок в сфере обращения с отходами производства и потребления на территории города в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья на территории Московской области. Данный документ не распространяется на отношения в области обращения с радиоактивными отходами, с выбросами вредных веществ в атмосферу и со сбросами вредных веществ в водные объекты (жидкие отходы), с отходами добычи и обогащения полезных ископаемых.

Согласно данному положению организация сбора, вывоза, переработки и размещения отходов производства и потребления возлагается на Администрацию г. Дубны.

На территории города запрещается размещение отходов в местах, не отведенных в установленном порядке для этих целей, размещение отходов на специально оборудованных объектах, но с превышением предусмотренных проектной документацией объемов и (или) с нарушением экологических, санитарных и иных требований. Запрещается размещение отходов на земельных участках, принадлежащих на праве собственности, а также на иных законных основаниях гражданам и юридическим лицам, за исключением случаев временного хранения отходов производства с соблюдением установленных экологических, санитарных и иных требований, а также размещение новых полигонов на территории г. Дубны.

С целью уменьшения объемов захораниваемых отходов на полигонах ТБО и повышения уровня экологической безопасности в городе осуществляются следующие меры:

- создание единой системы обращения с твердыми коммунальными отходами, включая организацию раздельного сбора отходов;
- оборудование спецтехники для транспортирования отходов приборами спутникового навигационного позиционирования (ГЛОНАСС) в целях обеспечения контроля за потоками отходов, получения данных о фактическом местонахождении техники и местах выгрузки отходов;
- экономическое стимулирование, направленное на увеличение объемов отходов, направляемых на вторичную переработку, а также внедрение малоотходных и безотходных технологий.

Порядок сбора и вывоза отходов производства и потребления на территории г. Дубны. Сбор и вывоз коммунальных отходов на территории г. Дубны осуществляется на основе раздельного сбора в соответствии с уста-

новленными классами опасности отходов, физическими свойствами и агрегатным состоянием отходов, содержанием в составе летучих компонентов, особенностями последующего жизненного цикла отходов и существующими технологиями по их переработке, обезвреживанию и уничтожению, в контейнеры для отдельного сбора отходов.

Сортировка отходов является приоритетным направлением, цель которого — сокращение количества захораниваемых отходов и вовлечение их в хозяйственный оборот. Отсортированные отходы, пригодные для вторичного использования, крупногабаритные отходы (КГО) необходимо складировать отдельно от других видов отходов, не смешивая между собой, или вывозить на специально оборудованные приемные пункты. Сортировка коммунальных отходов осуществляется их собственником.

Сбор и временное хранение отходов, образующихся в результате деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляется хозяйствующим субъектом самостоятельно в специально оборудованных для этих целей местах. Складирование отходов на территории (прилегающей территории) хозяйствующего субъекта вне специально отведенных мест и превышение лимитов на их размещение запрещается.

Сбор ТКО на территории города производится в урны для мусора, контейнеры, сбор КГО — в бункеры-накопители или на специально отведенных площадках.

Сбор отдельных видов отходов потребления, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (люминесцентные и другие ртутные лампы, термометры и содержащие ртуть приборы), осуществляется предприятиями, организациями, предпринимателями и управляющими компаниями (ТСЖ), которые организуют для этого специальные места (площадки), снабженные емкостями для накопления указанных видов отходов. Доступ к таким площадкам должен быть по возможности ограничен. Поставщики отходов заключают договор на утилизацию содержащих ртуть отходов с предприятиями, имеющими лицензию на осуществление деятельности по обезвреживанию и размещению отходов I–IV классов опасности. Сбор данных отходов в общие емкости для сбора бытовых отходов запрещается.

Многоквартирные жилые дома, оборудованные мусороприемными камерами с мусоропроводами, и индивидуальные жилые дома, имеющие контейнерные площадки, должны иметь два вида контейнеров:

— для вторичных материальных ресурсов (условно чистые отходы, пригодные для дальнейшей сортировки и вторичной переработки, например, пластик, стекло, полиэтилен, макулатура, картон, металл, текстиль);

— для биоразлагающихся отходов (остальные виды отходов, непригодные к использованию в качестве вторичного сырья, в том числе пищевые отходы, туалетная бумага и салфетки, растительные отходы).

Хозяйствующие субъекты в сфере торговли и оказания услуг также обязаны иметь не менее двух видов контейнеров: для вторичных материальных ресурсов и для биоразлагающихся отходов.

Объем контейнеров соответствующего вида для сбора отходов определяется исходя из лимитов на размещение отходов, установленных уполномо-

ченными органами государственной власти. Контейнеры, бункеры-накопители должны иметь сведения о вывозящей организации, названия собираемых в них отходов. Раздельный сбор ТКО в жилищном фонде осуществляется в контейнеры для биоразлагающихся отходов и контейнеры для вторичных материальных ресурсов. Для вторичных материальных ресурсов применяются контейнеры синего цвета.

Места установки (размещения) контейнеров для ТКО, бункеров-накопителей для КГО определяются схемой санитарной очистки территории г. Дубны Московской области и нормативно-правовыми актами Администрации города. Самовольная установка контейнеров и бункеров-накопителей запрещается. Хозяйствующий субъект, на территории которого размещены контейнерные площадки и площадки для установки бункеров-накопителей, несет ответственность за содержание этих площадок в чистоте и порядке. Площадки должны быть очищены от бытового и крупногабаритного мусора. Переполнение контейнеров, бункеров-накопителей мусором не допускается.

Вывоз отходов осуществляется с использованием специально оборудованных транспортных средств на объект размещения отходов либо на мусоросортировочный комплекс. Вывоз биоразлагающихся отходов и вторичных материальных ресурсов, образующихся в результате раздельного сбора, должен осуществляться раздельно.

Крупногабаритные отходы должны собираться на специально отведенных и оборудованных площадках или в бункеры-накопители и по заявкам организаций по обслуживанию жилого фонда вывозиться мусоровозами для крупногабаритных отходов или обычным грузовым транспортом, но не реже одного раза в неделю.

Запрещается размещение в контейнеры и бункеры для ТКО и КГО отработанных горюче-смазочных материалов, автошин, аккумуляторов, металлолома, токсичных отходов, которые собираются в специально отведенных для этого местах и направляются на утилизацию согласно заключенным договорам со специализированными организациями.

С 2005 г. и по настоящее время вывозом и размещением отходов с территории г. Дубны занимается в основном ООО «Российско-финская компания "Экосистема"», являющаяся структурным подразделением финского концерна Lassila & Tikanoja (L&T), который уже много лет работает в сфере обращения с отходами в Финляндии, Швеции и России. Цель L&T — это постепенный переход от общества потребления к эффективному обществу переработки. Комплексный подход компании L&T при оказании экологических услуг основывается на собственной модели, в которой сбор, транспортировка, сортировка, переработка отходов и современные полигоны твердых бытовых отходов объединены в единую инфраструктуру, что позволяет оптимизировать логистику потоков отходов и повысить уровень их утилизации. В настоящее время компания L&T предоставляет комплекс услуг в сфере обращения с отходами в г. Дубне, Мытищинском, Пушкинском, Щелковском, Талдомском, Ногинском и Сергиево-Посадском районах Московской области [110].

ООО «Российско-финская компания "Экосистема"» расположена по адресу: Московская область, г. Дубна, пр. Автолюбителей, д. 14, стр. 4. Предпри-

ятие имеет лицензию на осуществление деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I–IV классов опасности.

В сентябре 2010 г. компанией ООО «Российско-финская компания "Эко-система"» был введен в эксплуатацию мусоросортировочный комплекс (МСК) и начал внедряться отдельный сбор отходов, для этого на контейнерных площадках города были установлены два вида контейнеров (рис. 11.1, а): серого или зеленого цвета для «влажных» отходов и синего — для «сухих» отходов, т. е. тех, которые поддаются переработке и могут быть использованы в качестве вторичных материальных ресурсов. Отходы из синих контейнеров поступают на сортировочную линию.



Рис. 11.1. Контейнерная площадка для отдельного сбора (а) и мусоросортировочный комплекс в г. Дубне Московской области (б)

Проектная мощность данного комплекса составляет 30 тыс. т в год, фактическая загрузка на 2015 г. составила 60 %.

В состав мусоросортировочного комплекса входит производственный корпус для размещения технологического оборудования и складирования пакетов с вторичным сырьем, проходная с пунктом радиометрического контроля. На территории предприятия располагаются необходимые инженерные сооружения и сети. Вокруг предприятия установлен забор. Отходы поставляются на комплекс в спецавтомобилях, разгружаются непосредственно на заглубленную горизонтальную часть приемного конвейера. При большом количестве коммерческих отходов разгрузка может производиться на площадку рядом с заглубленной частью конвейера и после сдвигаться на конвейер погрузчиком для обеспечения равномерной подачи сырья на конвейер. Далее по ленточному транспортеру отходы подаются на сортировочный стол, состоящий из сортировочной площадки и сортировочного конвейера. На сортировочной площадке по обеим сторонам сортировочного конвейера расположены шесть пар рабочих мест сортировщиков, находящихся внутри помещения. На сортировочном столе происходит ручная сортировка отходов с отбором картона, стекла, полиэтилена и другого вторичного сырья. Каждый рабочий отбирает только один вид вторичных отходов. Отсортированные отходы опускаются в соответствующую воронку и попадают в контейнер, установленный под воронкой.

Территория под сортировочной площадкой разделена на шесть отсеков с перегородками для предотвращения перемешивания отсортированного вторичного материального сырья (рис. 11.1, б). По мере накопления в отсеках вторичного сырья, предназначенного для пакетирования, они по очереди сдвигаются погрузчиком на конвейер подачи вторичного сырья. Конвейер подачи вторичного сырья перегружает вторичное сырье в разгрузочную воронку пакетировочного пресса. Процесс прессования начинается с уплотнения материала. При достижении длины пакета система управления вводит в действие механизм связывания с программным управлением. Готовые пакеты выталкиваются через передвижной канал пресса поступающим материалом. Каждый готовый пакет взвешивается и складывается погрузчиком на специальной площадке (навес). В дальнейшем вторсырье передается предприятиям-переработчикам.

Отходы, которые не являются продуктом вторсырья, так называемые «хвосты», проходят дальше по ленточному конвейеру и вывозятся на полигон ТБО [110].

В среднем с территории г. Дубны вывозится порядка 150 000 м³ в год, что при средней плотности ТКО 180 кг/м³ составляет около 27 000 т. При этом с 2011 по 2015 г. на сортировочный комплекс поступало так называемых «сухих» отходов в среднем 100 000 м³ в год. В настоящее время отмечается рост количества отходов, поступающих на мусоросортировочный комплекс, что свидетельствует о том, что все большее количество жителей города осуществляют раздельный сбор (увеличивается поток «сухих» отходов, собираемых в синие контейнеры).

На первом этапе решения проблемы ТКО необходима стабилизация процесса сбора отходов по качеству техногенного сырья. На сегодняшний день данный этап пройден, в г. Дубне внедрен раздельный сбор в местах образования отходов, решен вопрос транспортировки (вывоз ТКО осуществляется двумя разными мусоровозами), потенциальное вторсырье досортировывают на МСК, работа которого полностью отлажена, что позволяет получать стабильное технологическое вторсырье для поставки его на предприятия для последующей переработки.

Анализ данных, полученных с МСК, показал, что выход вторичных материальных ресурсов из потока ТКО, поступивших на сортировку в период с 2011 по 2015 г., составил от 5,2 до 10,1 %, причем преобладающей фракцией является макулатура, на долю которой приходится от 75,1 до 90 %, на втором месте пластик — от 5 до 10 %, на третьем алюминий — от 0,4 до 4,1 %. Извлеченное в процессе сортировки вторичное сырье продается фирмам-переработчикам отходов для последующего использования и получения конечной продукции.

По результатам исследования, проведенного авторами, перспективное извлечение вторичных материальных ресурсов на мусоросортировочном комплексе даже только таких фракций, как макулатура, пластик, алюминий и стекло, с учетом всех поправочных коэффициентов составит порядка 30 %.

Для проведения эколого-экономической оценки системы обращения с ТКО в г. Дубне авторами был выполнен анализ двух альтернативных вариантов

системы обращения с ТКО на территории города. Первый вариант: весь объем ТКО поступает для захоронения на полигон ТБО. Второй вариант: на территории города осуществляется отдельный сбор ТКО в месте их образования путем деления на два потока — «сухие» и «влажные» отходы с последующим извлечением вторичных материальных ресурсов на МСК. Для расчета были приняты усредненные данные за 5 лет работы комплекса (2011–2015 гг.). Как показали расчеты, ежегодный эколого-экономический эффект от внедрения новой системы управления ТКО на территории города, а именно от организации отдельного сбора ТКО и их последующей сортировки на мусоросортировочном комплексе, составляет порядка 4,36 млн руб.

Полигоны ТБО. На территории г. Дубны расположены два полигона ТБО: «Дубна правобережная» и «Дубна левобережная». В настоящее время оба полигона закрыты для приема отходов в связи полным исчерпанием своих проектных мощностей. Полигоны находятся в стадии стабилизации, а затем будут рекультивированы согласно разработанным проектам рекультивации, на которые получены положительные заключения государственной экологической экспертизы.

Полигон ТБО «Дубна правобережная» предназначен для захоронения твердых коммунальных отходов и отдельных видов отходов IV–V классов опасности, разрешенных к захоронению на полигоне ТБО. Полигон расположен в 0,9 км к юго-востоку от юго-восточной окраины г. Дубны. Непосредственно с северо-востока, востока и юго-востока к полигону примыкают садовые участки, находящиеся в 80–300 м от его границ. Ближайшая жилая застройка находится на расстоянии 900 м к северо-западу от объекта. Санитарно-защитная зона составляет 500 м. Ближайшее расстояние от полигона до р. Волги составляет 2,2 км, до Ивановского водохранилища — 5,0 км, до р. Дубны — 1,8 км, до канала им. Москвы — 4,2 км.

Сам полигон в плане представляет собой неправильный овал с размерами 230 × 270 м, по периметру которого оборудована дренажная канава шириной 3–4 м. Непосредственно вдоль канавы с внутренней стороны участок складирования отходов окружен дамбой высотой 2 м, по наружному краю которой устроена кольцевая дорога. С северной, южной и восточной стороны полигон окружен второй дренажной канавой, которая связана с внутренней дренажной канавой к северу от подъездного пути. Глубина обеих канав не превышает 0,8 м.

Полигон ТБО «Дубна правобережная» начал эксплуатироваться в 1961 г. без разработки проекта строительства полигона. Площадь полигона составляет 4,6 га, в том числе участок дозагрузки — 4,2 га. Вместимость полигона составляет 368 102 т. С 1 января 2016 г. прекращен прием отходов. В конце 2018 г. был заключен контракт на разработку проектно-сметной документации по рекультивации полигона. Ориентировочный срок рекультивации — 2020 г.

Ситуационный план расположения полигона «Дубна правобережная» представлен на рис. 11.2.

Полигон располагается на аллювиальных отложениях поймы и первой надпойменной террасы, подстилаемых ледниковыми отложениями московской

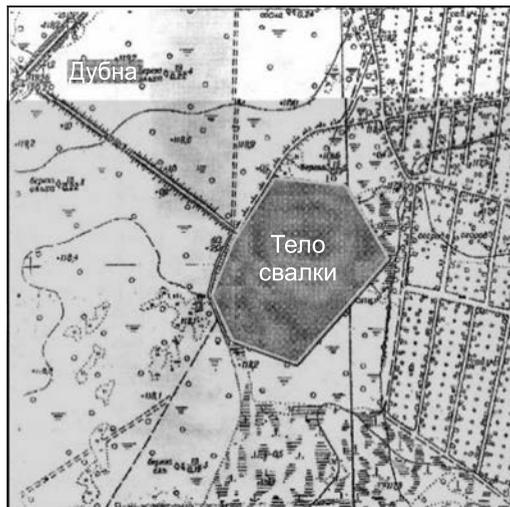


Рис. 11.2. Ситуационный план расположения полигона ТБО «Дубна правобережная»

морены мощностью 2–37 м. Ниже залегают московские водно-ледниковые отложения мощностью до 13 м. Подстилаются четвертичные отложения юрскими глинами мощностью от первых до 13,5 м, которые, в свою очередь, перекрывают верхнекаменноугольные отложения, залегающие на абсолютных отметках 61–68 м.

В районе полигона выделены водоносные горизонты:

— водоносный техногенный горизонт, приуроченный к толще отходов полигона, кровля располагается на абсолютной отметке 118,0 м, мощность — 0,5–1,0 м;

— водоносный горизонт аллювиальных отложений пойм, горизонт залегает на глубине от 0,3–1,5 до 3–4 м на абсолютной отметке 116–117 м, приурочен к линзам и прослоям песка в суглинках, мощность горизонта колеблется от 0,5 до 1,3 м, питание горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и подпора во время осенне-весенних паводков, разгрузка в р. Волгу, Дубну, Сестру и сеть дренажных каналов;

— водоносный горизонт аллювиальных отложений первой надпойменной террасы залегает на глубине от 1–1,5 до 6,0 м, питание инфильтрационное, разгрузка в речные дрены;

— водоносный горизонт водно-ледниковых отложений, приурочен к флювиогляционным пескам, горизонт напорный, кровля располагается на глубине 25–33 м, пьезометрические уровни устанавливаются на глубине от 4 до 10 м на абсолютной отметке 115–116 м.

Участок не попадает в водоохранные зоны водозабора подземных вод, разведанных для водоснабжения района. Ближайшие эксплуатационные скважины расположены на расстоянии порядка 1,7 км на северо-запад.

Полигон ТБО «Дубна левобережная» предназначен для захоронения твердых коммунальных отходов и отдельных видов отходов IV–V классов опасности, разрешенных к захоронению на полигоне ТБО. Полигон расположен на

расстоянии около 1 км к северо-востоку от селитебной зоны левобережной части г. Дубны. Недалеко от этого участка (250 м на запад) находятся городские канализационные сооружения. Расстояние до Ивановского водохранилища и р. Волги составляет 2,7 км.

Сам полигон имеет форму почти правильной трапеции с основаниями 150 и 200 м и высотой 130 м. Полигон окружают дренажная канава 3–4 м шириной и 0,8 м глубиной и двухметровая дамба. Дренажная канава окружает всю площадь территории полигона, но она не закрыта в юго-западной части, от дренажной канавы в северо-восточном направлении отходит сточная канава, посредством которой собранная вода выходит на поверхность в 1 км от полигона.

Эксплуатация полигона ТБО началась стихийно в 1965 г. Общая площадь полигона составляет 2,7 га, непосредственно участок захоронения отходов — 2,2 га. Вместимость полигона составляет 190 860 т.

С 2014 г. данный полигон закрыт для приема отходов. Рекультивация полигона запланирована на 2019 г. [123]. Проектными решениями принят метод захоронения всех отходов на месте с устройством окончательного изолирующего экрана и последующим высевом травосмеси. Стоимость экологического восстановления объекта составит 139 млн руб.

В связи с закрытием двух полигонов ТБО на территории города отходы после сортировочного комплекса вывозятся на полигоны севера Московской области, проектной мощности которых, по оценкам специалистов, хватит на 2–3 года. Кроме того, такое положение дел привело к значительному увеличению расходов на транспортирование отходов к месту захоронения. В связи с этим единственным решением проблемы с ТКО является максимальная сортировка отходов.

11.2. Промышленные отходы

Сбор и временное хранение промышленных отходов на предприятиях осуществляется в соответствии с действующими технологическими процессами и нормативными документами. Промышленные отходы обезвреживаются, перерабатываются или повторно используются в порядке, установленном законодательством.

Промышленные отходы, разрешенные к размещению на полигонах ТБО, разделяются по видам и вывозятся на полигоны бытовых отходов в соответствии с заключенным договором в пределах лимитов на размещение отходов, установленных уполномоченными органами государственной власти.

Промышленные отходы, временно хранящиеся на территориях предприятий в специально оборудованных местах, по мере накопления вывозятся специализированными организациями в соответствии с действующим законодательством.

11.3. Ртутьсодержащие отходы

Особую группу отходов, образующихся в городе, представляют отходы, содержащие ртуть. Ртутьсодержащие отходы (РСО) — это ртутьсодержащие изделия, утратившие полностью или частично свои потребительские свойства,

металлическая ртуть, материалы и предметы, загрязненные металлической ртутью и ее соединениями. Ртуть крайне токсична и является одним из приоритетных токсичных элементов в биосфере, даже в небольших количествах ртуть может вызывать серьезные проблемы со здоровьем. Всемирная организация здравоохранения рассматривает ртуть в качестве одного из десяти основных химических веществ или групп химических веществ, представляющих значительную проблему для общественного здравоохранения. Ртуть относится к I классу опасности (чрезвычайно опасное химическое вещество), является типичным представителем кумулятивных ядов. Ртуть и ее соединения вызывают общетоксическое действие, а также гонадотоксическое (воздействие на половые железы), эмбриотоксическое (воздействие на зародыши), тератогенное (пороки развития и уродства) и мутагенное (возникновение наследственных изменений). Ртуть может оказывать токсическое воздействие на нервную, пищеварительную и иммунную системы, а также на легкие, почки, кожу и глаза. Наиболее ядовиты пары и растворимые соединения ртути. В организме человека задерживается примерно 80 % вдыхаемых паров ртути, которые поглощаются и накапливаются в центральной нервной системе, в мозге и почках [170]. Основными путями поступления ртути в организм человека являются: вдыхание паров металлической ртути, ее летучих соединений или аэрозолей и употребление продуктов питания, загрязненных ртутью (в первую очередь рыбы и других морепродуктов). Морская и речная рыба, особенно хищная, за счет ее способности биоаккумулировать ртуть в трофических цепях водных экосистем, является наиболее опасным источником поступления ртути в организм человека.

Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) определяет ртутьсодержащие отходы производства и потребления как чрезвычайно опасные отходы (отходы I класса опасности). Более того, из множества видов отходов (порядка 700), включенных в ФККО, лишь несколько (не более 10 видов, среди которых преобладают РСО) отнесены к отходам I класса опасности. РСО, как подчеркивается в нормативных документах, обладают очень высокой степенью воздействия на окружающую среду, в результате которого экосистемы необратимо нарушаются, причем период их естественного восстановления отсутствует.

При неправильном сборе, транспортировке и удалении ртутьсодержащие отходы представляют угрозу для окружающей среды и здоровья человека.

Значимым источником ртутного загрязнения окружающей среды являются вышедшие из эксплуатации бытовые ртутьсодержащие приборы — медицинские термометры, люминесцентные и энергосберегающие лампы, мониторы и т. д. Только на термометры и лампы ежегодно в России расходуется более 30 т ртути, при этом на утилизацию поступает не более 40 % потребляемых изделий. Это так называемые бытовые РСО, которые обеспечивают присутствие и высокое содержание ртути в городской среде и для населения в целом представляют большую опасность.

За 2015 г. в Российской Федерации, по данным статистического наблюдения, было образовано 14 862,28 т оборудования, содержащего ртуть, из них 241,87 т отходов утилизировано и 8040,30 т обезврежено [64].

Лидером в составе РСО являются ртутьсодержащие лампы. Массовое применение ртутных ламп во многом обусловлено их высокой световой отдачей, большим сроком службы и возможностью получения разнообразных спектров излучения. В развитых странах ртутные лампы обеспечивают от 50 до 80 % световой энергии, генерируемой искусственными источниками света. Рынок ртутьсодержащих ламп, используемых в бытовых целях, в нашей стране оценивается в 50–60 млн шт. в год [169].

В каждой из таких ламп находится в среднем от 60 до 100 мг ртути, а в некоторых типах ее содержание достигает 300–500 мг. При разбивании ртутной лампы, содержащей 80 мг металла, покрываемая им поверхность составит 3,53 см при диаметре шарика 0,01 см. Если вся ртуть полностью испарится, то она загрязнит помещение площадью 3 тыс. м² до уровня 100 ПДК.

На территории Московской области расчетное количество отработанных ртутных ламп составляет 16 млн шт. в год, общая масса отработанных ламп оценивается в 1,6 тыс. т. По оценкам специалистов, от жителей многоквартирного жилого 9-этажного 6-подъездного дома жилой площадью 12 582 м² и общим количеством квартир 200 шт. образуется ежегодно 531 шт. отработанных ртутьсодержащих энергосберегающих ламп при 100%-й замене ламп накаливания. Ртутьсодержащие лампы, в том числе энергосберегающие, представляют особую опасность с позиций локального загрязнения среды обитания токсичной ртутью [126]. Содержание ртути в ртутьсодержащих лампах отечественного и зарубежного производства представлено в табл. 11.1 и 11.2.

Таблица 11.1. Содержание ртути в разных типах ламп отечественного производства (ОАО «Лисма», ОАО «МЭЛЗ») [16]

Группа ламп	Количество ртути в лампе, мг
Люминесцентные (трубчатые)	40–65 (в среднем 52)
Компактные люминесцентные (КЛЛ)	5
Высокого давления типа ДРЛ	75–350
Высокого давления типа ДРТ	50–600
Металлогалогенные	40–60
Натриевые высокого давления	30–50
Неоновые трубки	Не менее 10

За 2015 г. в Российской Федерации, по статистическим данным, образовано 31 287,17 т отходов электронного и электротехнического оборудования, из них утилизировано — 4969,82 т, обезврежено — 872 т отходов. Общий объем отходов электронного и электротехнического оборудования (ОЭЭО), образующихся в России в год, по оценкам, составляет около 1,2 млн т. Объем утилизации ОЭЭО в Московской области, по информации, представленной Ассоциацией переработчиков отходов электронного и электротехнического оборудования (АПЭТ), составляет 60 тыс. т, из которых около 15–20 тыс. т собирается и утилизируется перерабатывающими компаниями. Менее 25 % вывозится по договорам на утилизацию, более 70 % — без оформления каких-

Таблица 11.2. Содержание ртути в разных типах ламп зарубежного производства (Philips, Osram (Siemens) и General Electric Lighting) [170]

Группа ламп	Количество ртути в лампе, мг
Люминесцентные (трубчатые)	10
Компактные люминесцентные	5
Высокого давления	30
Металлогалогенные	25
Натриевые высокого давления	30
Неоновые трубки	10

либо документов. До 5 тыс. т собирается в рамках промокампаний торговых сетей по обмену старой техники на новую [64].

Жизненный цикл электронной техники в силу различных причин постоянно сокращается, что обуславливает образование значительных масс так называемого «электронного мусора», т. е. отходов электронного и электротехнического оборудования. Например, в современной России ежегодно образуется (средняя оценка) порядка 1,5 млн т таких отходов. Более того, в нашей стране к настоящему времени уже накоплена значительная масса вышедшей из строя электронной техники, требующей обезвреживания и утилизации. Так, в 2010 г. масса только устаревших (неиспользуемых) компьютеров оценивалась примерно в 650 тыс. т. Принципиальным является тот факт, что отходы электронного оборудования отличаются от других видов отходов достаточно сложной компонентной структурой, наличием в их составе значимых количеств как полезных (ценных) компонентов (особенно металлов), так и токсичных веществ (включая ртуть). Согласно некоторым оценкам, на отходы электронного и электротехнического оборудования приходится до 70 % всех вредных веществ, в конечном счете оказывающихся на свалках бытовых отходов. Все это определяет необходимость и обязательность отдельного сбора и последующей переработки (обезвреживания и утилизации) отходов электронного оборудования на специализированных лицензированных предприятиях.

К сожалению, в нашей стране степень сбора, обезвреживания и утилизации вышедшего из строя электронного оборудования, и особенно ртутьсодержащего, невелика. По оценке АПЭТ, в г. Москве ежегодно образуется 130 тыс. т отходов электронного оборудования, из которых только 4 тыс. т, т. е. чуть более 3 %, собирается и перерабатывается. По мнению специалистов, в настоящее время большая часть образующихся отходов электронного оборудования определенное время хранится (складируется) в организациях, на дачах и т. п., а затем поступает в ТКО и вывозится на различные свалки. Основным источником поступления ртути в отходах электронного оборудования являются люминесцентные (флуоресцентные) лампы с холодным катодом (лампы так называемой задней подсветки — «backlighting»), которые используются в ЖК-дисплеях, ЖК-проекторах, цифровых фоторамках, сканерах, факсах, копирах и других устройствах. Ртуть также применяется в некоторых

плазменных дисплеях (в их старых моделях) и присутствует в мониторах с катодно-лучевыми (электронно-лучевыми) трубками. По имеющимся данным, в странах ЕС потребление ртути для изготовления люминесцентных ламп задней подсветки в 2006 г. составило примерно 3–4 т, что соотносилось с ее количеством, использованным в тех же странах для производства обычных люминесцентных ламп. При этом общее содержание ртути в лампах задней подсветки (присутствующих в одном устройстве) изменялось от 2,5 мг (например, цифровая фоторамка, факс и т. п.) до 75 мг (например, монитор с ЖК-дисплеем, ЖК-проектор и т. п.) [171].

Комплексной системы сбора и утилизации ОЭЭО в масштабах страны не существует. С разной степенью эффективности в разных регионах организована утилизация ртутьсодержащих отходов электронного и электротехнического оборудования. Основные экологические проблемы, возникающие при обезвреживании и утилизации электротехнического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, связаны с наличием в нем токсичных веществ. При утилизации дисплеев важно знать, что в состав некоторых из них входят люминесцентные лампы, содержащие ртуть. Поэтому при демонтаже необходимо осуществлять мероприятия по предотвращению попадания ртути в природные объекты.

Таблица 11.3. Содержание ртути в ЖК-дисплеях с лампами задней подсветки [155, 156]

Диагональ ЖК-дисплея, дюймы	Количество ламп	Содержание ртути, мг
15	2	7
17	4	14
19	4	14
20	6	21
26	13	45,5
32–37	16	56
42	18	63

В табл. 11.3 приведены «проектные» значения содержания ртути в ЖК-дисплеях с люминесцентными лампами задней подсветки. Важно отметить, что реальное содержание ртути в лампах задней подсветки может превышать приведенные выше значения (см. табл. 11.3). Обращают на себя внимание достаточно большие количества ртути в лампах, используемых в сканерах-копирах (табл. 11.4).

Другим известным устройством, содержащим ртуть, является газоразрядный экран (широко применяется также калька с английского «плазменная панель»). Плазменные дисплеи в основном бывают АС-типа и DC-типа. В силу своей конструкции именно плазменные дисплеи DC-типа содержат ртуть, количество которой может составлять до 30 мг на один дисплей. Причиной введения ртути в газоразрядные ячейки плазменного дисплея является

Таблица 11.4. Содержание ртути в люминесцентных лампах жидкокристаллических мониторов персональных компьютеров, телевизоров, копировальной техники [155, 156]

Наименование изделия	Количество ртути в лампе (без цоколей), мг
ЖК-телевизор Samsung, лампа типа 21CAf	23,49
ЖК-телевизор Samsung, лампа типа S39A	43,42
ЖК-телевизор Samsung, лампа типа W804D	29,05
ЖК-телевизор Samsung, лампа типа EA2h	62,14
ЖК-монитор персонального компьютера	15–60
Сканер-копир 062 HAV15801Y0	92,78

увеличение его срока службы путем предотвращения попадания материала катода на анод. Сейчас практически все выпускаемые плазменные дисплеи — это дисплеи AC-типа, хотя в России по-прежнему используются и дисплеи DC-типа, которые, таким образом, требуют особого внимания при их обезвреживании и тем более при утилизации.

В свое время для визуального представления информации в персональных компьютерах широко использовались мониторы с электронно-лучевыми трубками (ЭЛТ), а телевизоры с ЭЛТ в России еще до сих пор можно встретить во многих домах. Прогнозируется, что поток данного «электронного мусора» в нашей стране иссякнет лишь к 2020–2025 гг. Установлено, что в различных компонентах таких ЭЛТ-мониторов содержится ртуть (табл. 11.5).

Таблица 11.5. Содержание ртути в мониторах компьютеров с катодно-лучевыми (электронно-лучевыми) трубками (вакуумные мониторы), мг/кг [155, 156]

Наименование	Стеклобой	Сетка мелкая стальная	Фольга алюминиевая
Goldstar M41LF0803X	0,063	0,046	—
LG M41QBF423X31(P)	0,058	0,041	1,1
Panasonic M36KPC030X	0,047	0,183	0,41

Таким образом, при организации систем сбора и последующей переработки отходов электронного оборудования необходимо учитывать вероятность наличия в них ртути. Особенно актуально это для тех устройств, в конструкциях которых используются люминесцентные лампы задней подсветки. Такие устройства, вышедшие из строя, должны в обязательном порядке законодательно считаться ртутьсодержащими отходами, для них должен быть организован обязательный селективный сбор и последующее обезвреживание на специализированных предприятиях. Важно отметить, что транспортировка таких ОЭО до мест переработки должна проводиться таким образом, чтобы избежать повреждения ламп задней подсветки.

Ртуть и ее соединения являются веществами I класса опасности, и их содержание строго лимитируется во всех компонентах окружающей среды, питьевой воде и продуктах питания.

Согласно действующим в России санитарно-гигиеническим нормативам предельно допустимые концентрации ртути составляют:

- ПДК в населенных пунктах (среднесуточная) — 0,0003 мг/м³ [34];
- ПДК в жилых помещениях (среднесуточная) — 0,0003 мг/м³ [34];
- ПДК в воздухе в рабочей зоне (максимальная разовая) — 0,01 мг/м³ [37];
- ПДК в воздухе в рабочей зоне (среднесменная) — 0,005 мг/м³ [37];
- ПДК в водах водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования — 0,0005 мг/дм³ [33];
- ПДК в водах рыбохозяйственных водоемов — 0,00001 мг/дм³ [33];
- ПДК в водах морских водоемов — 0,0001 мг/дм³ [33];
- ПДК в почве — 2,1 мг/кг [35].

Проблема предотвращения загрязнения ртутью окружающей среды во многом определяется эффективностью технологий, которые используются для обезвреживания и переработки ртутьсодержащих отходов и материалов. Образующиеся в результате деятельности учреждения или принятые от сторонних организаций или населения изделия, устройства, приборы, потерявшие потребительские свойства, содержащие ртуть; ртутные термометры отработанные и брак; ртутные вентили (игнитроны) отработанные и брак; ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак; другие ртутьсодержащие отходы и материалы требуют для своей переработки специальных технологических процессов и подлежат демеркуризации на специальном оборудовании.

Демеркуризация — удаление ртути и ее соединений физико-химическими или механическими способами с целью исключения отравления людей и животных, распространения ртути в окружающей среде.

Демеркуризация отходов — обезвреживание отходов, заключающееся в извлечении содержащейся в них ртути и/или ее соединений. Решение проблемы утилизации ртутьсодержащих отходов, материалов, в том числе ртутных ламп, видится в создании надежного, компактного и недорогого оборудования, позволяющего проводить их экологически безопасную демеркуризацию. Необходимой составляющей демеркуризации является выбор технологии, и соответственно, оборудования, с помощью которого можно осуществлять процесс демеркуризации. Демеркуризация должна выполняться специализированными предприятиями, располагающими необходимой производственной и научно-исследовательской базой.

В соответствии с ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения» [43] методы переработки РСО делятся на: амальгамирование, высокотемпературный обжиг, термические методы, химико-металлургические методы.

Технологии утилизации и обезвреживания ртутьсодержащих отходов предусматривают демеркуризацию, использование методов выщелачивания,

окисления, экстракции и получения металлической ртути. При утилизации следует учитывать не только наличие ртути в отходах, но и возможность утилизации загрязненной тары и почвы. Последнее представляется особо важным, если учесть тенденции накопления металлической ртути в окружающей среде и особенности миграции ртути грунтовыми водами.

На территории России в настоящее время функционирует 44 предприятия, специализирующихся в основном на переработке люминесцентных ламп. Мощностей этих предприятий достаточно, чтобы переработать практически весь объем отработанных люминесцентных ламп, образующихся на территории России. Среди них предприятия ООО «Венчурная фирма "ФИД-Д"» и ООО «КС Групп» (Дубна, Московская область).

Выход Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» [162], который определил поэтапный отказ от использования в России ламп накаливания и переход на энергосберегающие лампы, привел к широкому использованию в бытовом секторе ртутьсодержащих ламп и после потери ими потребительских свойств — к увеличению их количества в общем потоке твердых коммунальных отходов. Это обуславливает необходимость повсеместного практического внедрения принципа отдельного сбора и последующего обезвреживания вышедших из строя люминесцентных ламп (как ртутьсодержащих отходов I класса опасности) на специализированных предприятиях. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором. Накапливаясь во дворах и попадая на полигоны ТБО, ртуть из мусора в результате деятельности микроорганизмов преобразуется в растворимую в воде и намного более токсичную метилртуть.

Основные принципы организации и финансирования работ по сбору вышедших из строя люминесцентных ламп у населения обозначены в Федеральном законе от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [163]. Порядок сбора, накопления и транспортирования отработанных ртутьсодержащих ламп определяется утвержденными Постановлением Правительства РФ от 3.09.2010 № 681 [127] Правилами обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде. Согласно правилам «органы местного самоуправления организуют сбор и определяют место первичного сбора и размещения отработанных ртутьсодержащих ламп у потребителей ртутьсодержащих ламп (кроме потребителей ртутьсодержащих ламп, являющихся собственниками, нанимателями, пользователями помещений в многоквартирных домах и имеющих заключенный собственниками указанных помещений договор управления многоквартирными домами или договор оказания услуг и (или) выполнения работ по содержанию и ремонту общего имущества в таких домах), а также их информирование». Согласно правилам «у потребителей ртутьсодержащих ламп, являющихся собственниками, нанимателями, пользователями помещений в многоквартирных домах, сбор и размещение отработанных ртутьсодержащих ламп

обеспечивают лица, осуществляющие управление многоквартирными домами на основании заключенного с собственниками помещений многоквартирных домов договора управления или договора оказания услуг и (или) выполнения работ по содержанию и ремонту общего имущества в таких домах, в местах, являющихся общим имуществом собственников многоквартирных домов и содержащихся в соответствии с требованиями к содержанию общего имущества, предусмотренными Правилами содержания общего имущества в многоквартирном доме, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 13 августа 2006 г. № 491» [128]. «Место первичного сбора и размещения отработанных ртутьсодержащих ламп у потребителей ртутьсодержащих ламп, являющихся собственниками, нанимателями, пользователями помещений в многоквартирных домах, определяется собственниками помещений в многоквартирных домах или по их поручению лицами, осуществляющими управление многоквартирными домами на основании заключенного договора управления или договора оказания услуг и (или) выполнения работ по содержанию и ремонту общего имущества в таких домах, по согласованию с соответствующей специализированной организацией».

Обязанность по реализации соответствующих требований и оказанию услуг по сбору и утилизации ртутьсодержащих отходов потребления возложена на: 1) органы местного самоуправления в части сбора и утилизации ртутьсодержащих отходов потребления, образующихся в частном жилом секторе; 2) лиц, осуществляющих управление многоквартирными домами, в части сбора и утилизации ртутьсодержащих отходов потребления, образующихся в многоквартирных домах.

Согласно правилам [127] обезвреживание отработанных ртутных ламп должно производиться методами, обеспечивающими выполнение санитарно-гигиенических, экологических и иных требований. Это обуславливает необходимость разработки и практического внедрения экономически эффективных и экологически безопасных технологий и соответствующих установок по обезвреживанию ртутных ламп как в крупных промышленно-селитебных центрах, так и в малонаселенных районах нашей страны.

Опыт некоторых регионов России свидетельствует о том, что для решения проблемы образующихся ртутьсодержащих отходов потребления необходимо прежде всего создание специализированной селективной системы сбора.

Важнейшим условием для создания подобной системы является наличие демеркуризационных предприятий, имеющих опыт, оборудование, специалистов и лицензии на право обращения с данными видами отходов.

В настоящее время на территории г. Дубны находится одно из немногих специализированных предприятий в Московской области, осуществляющих сбор, обработку, транспортирование, обезвреживание и утилизацию ртутьсодержащих отходов, — ООО «Венчурная фирма «ФИД-Д»». Предприятие расположено по адресу: Московская область, г. Дубна, ул. Академика Балдина, д. 7, стр. 1 (территория бывших очистных сооружений ОИЯИ).

ООО «Венчурная фирма «ФИД-Д»» было образовано в 1989 г. как хозяйственное подразделение Дубненского городского совета ВОИР (Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов), основной целью которого было

эффективное решение существующих в городе технических проблем. И одной из первых оказалась поставленная приборным заводом «Тензор» проблема утилизации вышедших из строя люминесцентных ламп, накопленных на заводе в достаточно большом количестве по причине круглосуточной работы ряда подразделений завода. Задача эта оказалась не только первой, но и, как показала история, основной задачей новой фирмы [5].

Для реализации деятельности по демеркуризации ртутьсодержащих отходов и материалов была разработана малогабаритная вакуумная термодемеркуриционная установка УРЛ-2м — сначала опытный образец, затем началось малосерийное производство. В настоящее время оборудование модернизировано и прошло государственную экологическую экспертизу.

ООО «Венчурная фирма "ФИД-Д"» является передовой компанией, осуществляющей разработку инновационных технологий в области переработки отходов, входит в Ассоциацию предприятий по обращению с ртутьсодержащими отходами (НП «АРСО») и обеспечивает утилизацию отработанных люминесцентных ламп и других видов ртутьсодержащих отходов г. Дубны и близлежащих населенных пунктов.

Принцип действия малогабаритной вакуумной термодемеркуриционной установки УРЛ-2м основан на сильной зависимости давления насыщенного пара ртути от температуры. Обрабатываемые лампы разрушаются в камере установки, нагреваются до температуры быстрого испарения ртути, а пары ртути откачиваются вакуумной системой установки через низкотемпературную ловушку (криогенная ловушка), на поверхности которой происходит конденсация атомов ртути, стекающей в сборник в виде жидкого металла после размораживания ловушки. Это объясняется тем, что основная часть ртути (97–99 %) в отработавших срок лампах находится не в виде металла, а в виде атомов ртути, сорбированных люминофором. Заложенный в УРЛ-2м принцип улавливания ртутных паров запатентован [6] и является отличительной особенностью установки.

Установка УРЛ-2м, предназначенная для термической демеркуризации люминесцентных ламп всех типов, горелок ртутных ламп высокого давления типа ДРЛ и энергосберегающих ламп, также может использоваться для демеркуризации содержащих ртуть отходов промышленного производства: вышедших из строя приборов с ртутным наполнением (термометров, игнитронов, ртутных контактов, манометров и пр.); отработанных мониторов (электронно-лучевые трубки); загрязненных ртутью почв (грунтов), строительных материалов, сорбентов, металлических амальгам, ртутьсодержащей руды.

С данной технологией каждая фирма по утилизации люминесцентных ламп и других ртутьсодержащих отходов сможет экстрагировать до 99,9 % ртути. Продуктом процесса демеркуризации является металлическая ртуть, которая может быть повторно использована в промышленном производстве. Демеркурированный стеклобой может использоваться в засыпку при производстве строительных и дорожных работ или подлежит утилизации на полигоне твердых бытовых или промышленных отходов (IV или V класс опасности отходов).

Установка обеспечивает качественную демеркуризацию материалов и высокоэффективное улавливание ртути. Содержание ртути в выхлопных газах не превышает ПДК ртути для атмосферного воздуха населенных мест ($0,0003 \text{ мг/м}^3$). Остаточное содержание ртути в демеркуризованном материале не превышает ПДК ртути для почв сельскохозяйственного назначения ($2,1 \text{ мг/кг}$).

Установка имеет сертификат соответствия и санитарно-эпидемиологическое заключение, разрешающие ее эксплуатацию. Технические характеристики установки представлены в табл. 11.6.

Таблица 11.6. Технические характеристики установки УРЛ-2м [111]

Технические характеристики	Показатели
Время выхода на режим	1 ч
Производительность	до 200 ламп/ч, до 1000 горелок ДРЛ/ч
Размеры обрабатываемых люминесцентных трубчатых ламп	до 1600 мм
Температура демеркуризации	до 450°C
Потребляемая электрическая мощность максимальная средняя	25 кВт 10 кВт
Характеристики сети питания	380 В, ~ 50 Гц
Расход воды	2,5 л/мин
Габаритные размеры	1900 × 1280 × 2100 мм
Вес	920 кг
Остаточное содержание ртути, не более: в отходящих газах в стеклобее	$0,0003 \text{ мг/м}^3$ $2,1 \text{ мг/кг}$

Оборудование для утилизации ртутьсодержащих отходов УРЛ-2м имеет следующие основные преимущества:

- полный рециклинг технологического процесса демеркуризации,
- малые габариты и вес при возможности использования оборудования в передвижном варианте,
- высокая степень очистки выхлопных газов от ртутных паров,
- низкая энергоемкость,
- утилизация ртутьсодержащих отходов всех типов (в том числе утилизация ртутных ламп).

На сегодняшний день это единственное в России оборудование, позволяющее утилизировать отходы, содержащие весомые (до нескольких килограмм в случае игнитронов) количества металлической ртути. Данная технология признана наилучшей доступной технологией по утилизации и обезвреживанию ртутьсодержащих отходов в РФ [63].

Существующие в РФ альтернативные технологии либо осуществляют концентрацию ртутного отхода, либо используют в процессе утилизации для

улавливания ртутных паров сорбент. В обоих случаях необходимо проводить утилизацию концентрата или насыщенного ртутью сорбента. Оборудование «Венчурной фирмы "ФИД-Д"» может использоваться, в частности, и для решения этой проблемы.

Установка УРЛ-2м (рис. 11.3) нашла практическое применение во многих городах России и в ряде зарубежных стран (Колумбия, Латвия, Польша, Южная Корея). В настоящее время выпущено более ста пятидесяти установок.



Рис. 11.3. Малогабаритная вакуумная термомеркуризационная установка УРЛ-2м [111]

В г. Дубне хорошо налажен процесс сбора и утилизации РСО от промышленных предприятий, организаций и учреждений города. Однако сбор отработанных ламп и ОЭЭО у населения отсутствует. Горожане просто выбрасывают их вместе с ТКО, в результате чего РСО попадают на полигон ТБО. Технологии захоронения на полигонах предполагают уплотнение отходов, вследствие чего происходит разбивание ламп и попадание ртути в окружающую среду, что представляет серьезную угрозу здоровью человека и окружающей среде.

Для предотвращения попадания ртутьсодержащих отходов в окружающую среду в г. Дубне необходимо организовать систему отдельного сбора у населения отслуживших свой срок ртутьсодержащих ламп и ОЭЭО, содержащего такие лампы.

Опрос жителей города показывает, что в большинстве случаев люди знают, что перегоревшие энергосберегающие лампы содержат в своем составе ртуть и поэтому их нельзя выбрасывать в обычный контейнер для твердых бытовых отходов, однако в связи с полным отсутствием информации о местах сбора таких ламп продолжают утилизировать их с обычным мусором.

Построение системы сбора отходов в любом населенном пункте требует вначале оценить количество ртутьсодержащих отходов, в частности энергосберегающих ртутьсодержащих ламп, которое находится в обороте у населения. Авторы провели оценку прогнозируемого объема отработанных

ртутьсодержащих энергосберегающих ламп. Оценка была выполнена с использованием расчетно-параметрического метода, который позволяет прогнозировать объем образования ламп с учетом их технических параметров, условий эксплуатации и временного ресурса использования. Было проведено два различных варианта расчета.

Первый вариант основан на учете количества заменяемых в жилом секторе ламп накаливания на энергосберегающие люминесцентные ртутьсодержащие лампы. Результаты расчета показали, что при полной замене в жилом секторе города всех ламп накаливания на энергосберегающие люминесцентные ртутьсодержащие лампы годовое образование ламп составит 54 965 шт., ежедневное — 151 шт. Но, учитывая, что в настоящее время частично все-таки сохраняются в обороте у населения и лампы накаливания, а среди энергосберегающих ламп используются галогеновые и светодиодные лампы, необходимо ввести поправочный коэффициент 25 %. Таким образом, прогнозируемый объем отработанных ртутьсодержащих энергосберегающих ламп, образующийся в жилом секторе г. Дубны, составит в год 13 741 шт., в день — 38 шт.

Второй вариант расчета основан на упрощенной форме оценки прогнозируемого объема отработанных ртутьсодержащих энергосберегающих ламп с использованием удельного показателя (0,7 на одного городского жителя). Результаты расчета показали, что при полной замене в жилом секторе города всех ламп накаливания на энергосберегающие люминесцентные ртутьсодержащие лампы годовое образование ламп составит 52 601 шт., ежедневное — 144 шт. С учетом 25%-й замены ламп накаливания на компактные энергосберегающие люминесцентные лампы прогнозируемый объем отработанных ртутьсодержащих энергосберегающих ламп, образующийся в жилом секторе г. Дубны, составит в год 13 151 шт., в день — 35 шт.

Проведенные расчеты с использованием двух различных вариантов показали практически одинаковые результаты. Таким образом, для дальнейшего построения системы сбора и утилизации ртутьсодержащих отходов г. Дубны можно принять усредненные значения: в год — 13 446 шт., в день — 37 шт.

Авторами проведен расчет количества отходов, которые можно вовлечь во вторичный оборот в качестве материальных ресурсов. Расчет показал, что после утилизации на установке УРЛ-2м (ООО «Венчурная фирма "ФИД-Д"») образующихся в жилом секторе г. Дубны ртутьсодержащих энергосберегающих ламп количество извлеченной ртути в год составит 54 кг, стекла — 1485 кг, алюминия — 32 кг. Предотвращение загрязнения окружающей среды отходами и максимальное их вовлечение в хозяйственный оборот в настоящее время в рамках проведения реформы в области обращения с отходами является чрезвычайно актуальным.

Необходимо отметить, что на территории города в рамках проекта «Экобокс» эпизодически появляются контейнеры для раздельного сбора ртутных ламп, но эти контейнеры, как правило, ставят только в одном месте и на очень короткий срок.

Результаты сбора РСО в рамках проекта «Экобокс» за период существования проекта (2012–2015 гг.) показывают (табл. 11.7), что интерес к раз-

дельному сбору опасных отходов, в первую очередь ртутных ламп, у населения Московской области растет с каждым годом. Люди осознают опасность данного вида отходов для окружающей среды и готовы отдельно собирать ртутьсодержащие отходы. Организация системы раздельного сбора РСО в настоящее время крайне актуальна.

Таблица 11.7. Количество собранных РСО в экобоксах по Московской области (2012–2015 гг.) [117]

Наименование	2012	2013	2014	2015
Энергосберегающие лампы, шт.	364	1650	1227	20000
Термометры, шт.	119	207	250	311

Для организации сбора у населения и транспортирования РСО в городе необходимо:

1. Заключить договор со специализированной организацией на сбор, транспортирование, обезвреживание и утилизацию РСО. Наличие такой организации на территории города значительно сократит расходы на транспортирование отходов.

2. Организовать места первичного сбора и размещения отработанных люминесцентных ламп и отходов электронного оборудования перед передачей их специализированным организациям для дальнейшего транспортирования, использования, обезвреживания, размещения.

Согласно существующим требованиям расположение мест первичного сбора и размещения отработанных ртутьсодержащих ламп согласуется со специализированными организациями, осуществляющими сбор, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение отработанных ламп. Место первичного сбора оснащается тарой (упаковочной емкостью), обеспечивающей сохранность ртутьсодержащих ламп при хранении, погрузо-разгрузочных работах и транспортировании. Тара должна обеспечивать герметичность, исключать возможность загрязнения окружающей среды [118]. На месте накопления должно храниться разрешенное в установленном порядке количество отработанных ртутьсодержащих ламп. Рекомендуется хранить не более 150 шт. отработанных ртутьсодержащих ламп. Желательно, чтобы срок временного хранения (любого количества) отработанных ламп не превышал 6 месяцев, после чего они должны передаваться в места первичного сбора и размещения.

Хранение отработанных ртутьсодержащих ламп производится в специально выделенном для этой цели помещении, защищенном от химически агрессивных веществ, атмосферных осадков, поверхностных и грунтовых вод, а также в местах, исключающих повреждение тары. Допускается хранение отработанных ртутьсодержащих ламп в неповрежденной таре из-под новых ртутьсодержащих ламп или в другой таре, обеспечивающей их сохранность при хранении, погрузо-разгрузочных работах и транспортировании.

Место накопления ламп должно оснащаться демеркуризационным комплектом, предназначенным для устранения локального ртутного загрязнения,

возникающего при возможном (например, случайном) разрушении отработанной ртутьсодержащей лампы на месте первичного сбора и размещения.

3. Довести до населения информацию об адресах расположения мест первичного сбора и размещения отработанных ртутьсодержащих ламп всеми доступными способами, в первую очередь через местные СМИ. Например, необходимо на постоянной основе публиковать рекомендации по безопасному обращению с ртутьсодержащими энергосберегающими лампами в местных газетах, размещать видеоролики на местном телевидении, распространять информацию в социальных сетях, а также распространять печатные рекламно-информационные материалы (в виде листовок) среди различных слоев населения. Кроме того, необходимо разместить информацию на видных местах в организациях и в подъездах домов жилого сектора.

11.4. Медицинские отходы

По официальным данным, в Российской Федерации ежегодно образуется 0,6–1,0 млн т медицинских отходов, при этом их количество имеет устойчивую тенденцию к интенсивному росту. Однако, по мнению специалистов, эта цифра занижена по меньшей мере в 2–3 раза. За последнее десятилетие количество образующихся медицинских отходов возросло практически в 4,3 раза и составляет порядка 7,2 млн т в год, это около 1,5% от общего объема отходов производства и потребления.

Медицинские отходы представляют серьезную опасность в эпидемиологическом и экологическом отношениях, так как содержат в своем составе большое количество болезнетворных микроорганизмов и вирусов, а также различные химические вещества. Если в 1 г бытовых отходов содержится 0,1–1 млрд микроорганизмов, то в медицинских отходах это число возрастает до 200–300 млрд. При неправильно организованной системе сбора, хранения, транспортирования, обезвреживания, утилизации и размещения данные отходы попадают в общий поток ТКО [20].

По мнению специалистов, неблагоприятная ситуация по утилизации медико-биологических отходов, сложившаяся в России, представляет реальную угрозу здоровью нации и экологической безопасности государства, а проблема обращения с отходами лечебно-профилактических учреждений в современных условиях рассматривается как важная гигиеническая, эпидемиологическая и экологическая составляющая безопасности населения страны [1].

Медицинские отходы — все виды отходов, в том числе анатомические, патолого-анатомические, биохимические, микробиологические и физиологические, образующиеся в процессе осуществления медицинской и фармацевтической деятельности, производства лекарственных средств и медицинских изделий, а также деятельности в области использования возбудителей инфекционных заболеваний и генно-инженерно-модифицированных организмов в медицинских целях.

Медицинские отходы в зависимости от степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания подразделяются на пять классов опасности [146]:

— класс А — эпидемиологически безопасные отходы, приближенные по составу к твердым бытовым отходам. К данному классу относятся: отходы, не имеющие контакта с биологическими жидкостями пациентов, инфекционными больными; канцелярские принадлежности, упаковка, мебель, инвентарь, потерявшие потребительские свойства; смет от уборки территории и т. д.; пищевые отходы центральных пищеблоков, а также всех подразделений организации, осуществляющей медицинскую и/или фармацевтическую деятельность, кроме инфекционных, в том числе фтизиатрических;

— класс Б — эпидемиологически опасные отходы. К данному классу относятся: инфицированные и потенциально инфицированные отходы; материалы и инструменты, предметы, загрязненные кровью и/или другими биологическими жидкостями; патолого-анатомические отходы; органические операционные отходы (органы, ткани и т. д.); пищевые отходы из инфекционных отделений; отходы из микробиологических, клинико-диагностических лабораторий, фармацевтических, иммунобиологических производств, работающих с микроорганизмами 3–4-й групп патогенности; биологические отходы вивариев; живые вакцины, непригодные к использованию;

— класс В — чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы. К данному классу относятся: материалы, контактировавшие с больными инфекционными болезнями, которые могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения и требуют проведения мероприятий по санитарной охране территории; отходы лабораторий, фармацевтических и иммунобиологических производств, работающих с микроорганизмами 1–2-й групп патогенности; отходы лечебно-диагностических подразделений фтизиатрических стационаров (диспансеров), загрязненные мокротой пациентов, отходы микробиологических лабораторий, осуществляющих работы с возбудителями туберкулеза;

— класс Г — токсикологически опасные отходы 1–4-го классов опасности. К данному классу относятся: лекарственные (в том числе цитостатики), диагностические, дезинфицирующие средства, не подлежащие использованию; ртутьсодержащие предметы, приборы и оборудование; отходы сырья и продукции фармацевтических производств; отходы от эксплуатации оборудования, транспорта, систем освещения и др.;

— класс Д — радиоактивные отходы. К данному классу относятся: все виды отходов, в любом агрегатном состоянии, в которых содержание радионуклидов превышает допустимые уровни, установленные нормами радиационной безопасности.

Всемирная организация здравоохранения в 1979 г. отнесла медицинские отходы к группе опасных и указала на необходимость создания специализированных служб по их переработке. Базельской конвенцией «О контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением» (1989), которая ратифицирована РФ (приложение I «Категории веществ, подлежащих регулированию»), были выделены следующие группы отходов [8]:

— У1 — медицинские отходы, полученные в результате врачебного ухода за пациентами в больницах, поликлиниках и клиниках;

- У2 — отходы производства и переработки фармацевтической продукции;
- У3 — ненужные фармацевтические товары, лекарства и препараты;
- У4 — отходы производства, получения и применения биоцидов и фитофармацевтических препаратов.

По данным Роспотребнадзора, общий объем накопленных медицинских отходов в Московской области за 2016 г. составил 47 548 т, при этом отходов класса Б (эпидемиологически опасных) — 3,3 тыс. т. Ежегодно учреждениями здравоохранения Московской области затрачивается более 73 млн руб. на утилизацию медицинских отходов класса Б, более 43 млн руб. — на утилизацию медицинских отходов класса В, а также более 4 млн руб. — на утилизацию медицинских отходов класса Г. Нормы накопления отходов (кг/ койка в сутки) в больницах: от 600 до 800 коек — 1,3; от 800 до 1000 коек — 1,35; от 1000 до 1200 коек — 1,51; от 1200 до 1400 коек — 2,0; свыше 1400 коек — 2,7. Удельная норма накопления отходов для поликлиник — 0,1 кг на одно посещение [95].

В настоящее время в России медицинские отходы должны подлежать сбору, использованию, обезвреживанию, размещению, хранению, транспортировке, учету и утилизации в порядке, установленном законодательством в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Основным документом, регламентирующим деятельность по обращению с медицинскими отходами, является СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами» [146].

Количество образующихся в лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ) отходов различного класса опасности зависит от многих факторов, но основными являются профильность учреждения и пропускная способность.

По оценкам специалистов [20], в среднем отходы класса А составляют 71 %, отходы класса Б — 25 %, отходы класса В — 1 %, отходы класса Г — 3 %, отходы класса Д — 0,1 %. Несмотря на то, что отходы класса Б и В представляют собой только малую часть общего количества отходов, образующихся в ЛПУ, затраты на все этапы обращения с ними составляют большую часть затрат на обращение со всеми медицинскими отходами в ЛПУ.

Основными факторами потенциальной опасности медицинских отходов для персонала ЛПУ, населения и окружающей среды являются [20]:

1. Риск инфекционного заражения. В медицинских отходах содержится большое количество микроорганизмов — в 1000 раз больше, чем в твердых коммунальных отходах. В связи с тем, что более чем в 25 % случаев вывозимые на полигоны отходы содержат возбудителей внутрибольничных инфекций, медицинские отходы представляют серьезную эпидемиологическую и экологическую опасность, которая определяется: выносом инфекции за пределы медицинских учреждений; обсеменением данными микроорганизмами территорий полигонов захоронения и тем более свалок; возможностью сохранения ими жизнеспособности и размножения на объектах окружающей среды; формированием предпосылок для циркуляции патогенных антибиотикорезистентных штаммов во внешней среде и среди населения крупных городов.

2. Риск физического поражения, связанный с повреждениями кожных покровов и слизистых оболочек острыми предметами, который имеет значение не столько сам по себе (как травма), сколько в связи с возможным инфицированием организма через рану, царапину, прокол. Наибольшую проблему составляет распространение инфекционных заболеваний, которые передаются путем подкожного проникновения возбудителя заболевания, например вирусных трансфузионных инфекций. Максимальную опасность представляют иглы от шприцев, поскольку они составляют основную часть острых предметов и часто загрязнены кровью больных.

3. Риск токсического поражения может быть связан с выполнением операций по химической дезинфекции больничных отходов, а также определяться контактом с удаляемыми из ЛПУ токсичными отходами. Многие химические вещества и фармацевтические препараты, используемые в лечебно-профилактических учреждениях, являются опасными химическими веществами (токсичными, вызывающими коррозию, огнеопасными, химически активными, взрывчатыми, чувствительными к удару, цитотоксичными или генотоксичными). Наиболее часто встречающимся видом таких повреждений являются ожоги.

4. Риск радиоактивного поражения. Излучение высокоактивных источников, например, используемых в радиотерапии, может вызывать серьезные повреждения, начиная с поверхностных ожогов и заканчивая стремительными летальными исходами.

5. Экологический риск, связанный с поступлением медицинских отходов в окружающую среду и их дальнейшим распределением в воздушной и водной среде, а также почве. Он будет тем меньше, чем полнее будут обеспечены меры профилактики четырех предыдущих видов риска.

Для выбора правильного метода утилизации любых видов отходов, в том числе и медицинских, крайне важно знать их характеристику, и в первую очередь морфологический и химический состав.

За последние 15 лет сделан значительный шаг во внедрении в лечебно-диагностический процесс новых методов диагностики, лекарственных средств, новых материалов и изделий, также в ЛПУ повсеместно стали использовать одноразовый медицинский инструментарий, что повлекло за собой увеличение объема образования медицинских отходов и их морфологического состава.

Исследования морфологического состава отходов ЛПУ г. Москвы и Московской области, проведенные А. Ю. Орловым [106], показали, что в последние годы морфологический и структурный состав медицинских отходов претерпел качественные и количественные изменения (рис. 11.4).

Химический состав отходов класса А и класса Б, по результатам исследования А. Ю. Орлова, представлен в табл. 11.8 и на рис. 11.5, 11.6.

В состав медицинских отходов класса А входят такие опасные органические вещества, как: фенолы, анилин, диметилсульфид, циклогексанон, ацетон, формальдегид (см. табл. 11.8). Однако установленные концентрации исследованных веществ не превышают значений ПДК. Превышение ПДК было выявлено по 16 элементам в составе неорганических веществ, мигриру-

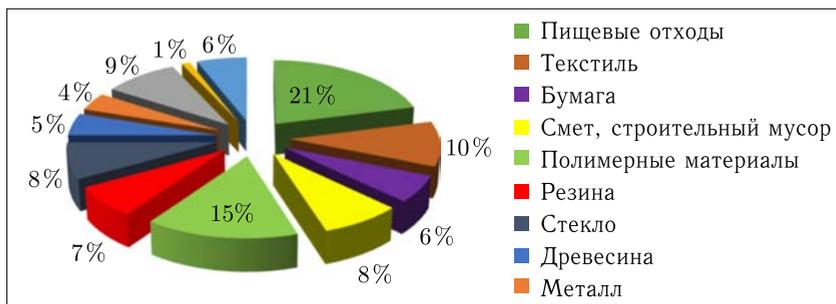


Рис. 11.4. Морфологический состав медицинских отходов, по данным А. Ю. Орлова [106]

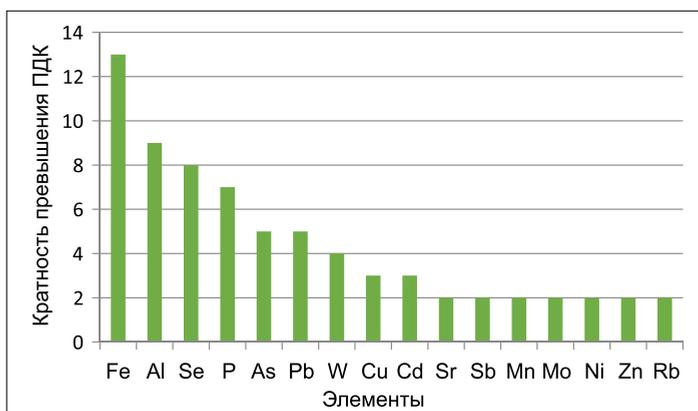


Рис. 11.5. Неорганические вещества, кратно превышающие ПДК, выявленные в водных вытяжках медицинских отходов класса А, по данным А. Ю. Орлова [106]

Таблица 11.8. Содержание органических веществ в водных вытяжках медицинских отходов класса А [106]

Вещество	ПДК, мг/л	Фактическая концентрация, мг/л
Фенолы	0,001	0,00045
Анилин	0,1	0,034
Диметилсульфид	0,01	0,0053
Ацетон	2,2	0,10
Формальдегид	0,05	0,029
Циклогексанон	100	0,32

ющих в водную вытяжку из медицинских отходов класса А (см. рис. 11.5). Превышения для свинца, мышьяка, селена, вольфрама, алюминия, фосфора, железа составляют более 4 ПДК.

В составе медицинских отходов класса Б помимо описанных для класса А компонентов был обнаружен целый ряд новых опасных органических веществ:

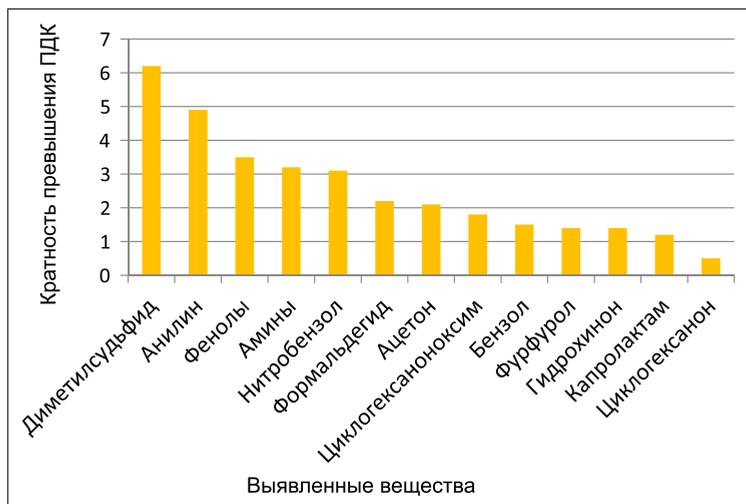


Рис. 11.6. Органические вещества, кратно превышающие ПДК, выявленные в обеззараженных медицинских отходах класса Б, по данным А. Ю. Орлова [106]

бензол, гидрохинон, амины, нитробензол, капролактам, циклогексаноноксим, фурфурол, при этом для всех обнаруженных веществ значения ПДК были превышены (см. рис. 11.6). Наибольшее превышение отмечается по: диметилсульфиду — в 6 раз, анилину — в 4 раза, фенолам, аминам и нитробензолу — в 3 раза, формальдегиду и ацетону — в 2 раза. Наличие подобных веществ и кратность превышения ими значений ПДК свидетельствуют о присутствии в морфологическом составе медицинских отходов класса Б потенциально опасных компонентов.

В настоящее время в г. Дубне налажена система обращения с медицинскими отходами согласно действующему экологическому и санитарно-эпидемиологическому законодательству. Лечебные учреждения Дубны имеют договора на утилизацию медицинских отходов.

На территории города до 2019 г. работало обособленное подразделение ООО «СИС-натуральные ресурсы», которое занималось утилизацией медицинских и биологических отходов, используя современный метод утилизации отходов — метод пиролиза. Предприятие было расположено по адресу: Московская область, г. Дубна, Коммунальный пер., д. 21. Ближайшая жилая застройка находится на расстоянии более 700 м. Предприятие имело 5 источников выбросов загрязняющих веществ, из них 2 организованных и 3 неорганизованных. От источников выбросов предприятия в атмосферу выделялось 12 ингредиентов, были учтены 3 группы суммации. Общий валовый выброс от стационарных источников составлял 3,10944 т/год, из них твердых веществ — 0,176674 т/год, жидких и газообразных — 2,932769 т/год, мощность выброса — 0,220691 г/с. Предприятие относилось ко 2-му классу опасности. Санитарно-защитная зона предприятия составляла 500 м. Максимальные концентрации на границе санитарно-защитной зоны составляли (в долях ПДК): по оксиду азота — 0,03, по свинцу и его неорганическим



Рис. 11.7. Установка термического обезвреживания отходов «ИМА 2006F» [142, 143]

соединениям — 0,31. Таким образом, все выбрасываемые источниками вредные вещества нормировались как предельно допустимые выбросы (ПДВ) на уровне их фактических выбросов [145]. Комплекс термического обезвреживания отходов «ИМА 2006F» (рис. 11.7) [143] имел положительное заключение государственной экологической экспертизы и санитарно-эпидемиологическое заключение [142].

Предприятие по утилизации медицинских и биологических отходов начало свою работу в Дубне 1 декабря 2011 г. и осуществляло централизованный сбор, транспортировку и обезвреживание отходов I–IV класса опасности, в том числе: медицинских, биологических, химических, фармацевтических отходов. Унифицированный завод по обезвреживанию медико-биологических отходов и отходов ветеринарии с использованием высокотемпературных термических методов являлся уникальной отечественной разработкой, экологически чистой и не имеющей аналогов в мировой практике. Максимальная производительность завода по переработке медико-биологических отходов и отходов ветеринарии — 60 тыс. т/год. На предприятие поступали отходы классов Б и В. За 5 лет (2011–2015 гг.) утилизировано около 1000 т медицинских отходов.

На территории предприятия были расположены: площадка для контейнеров с отходами, площадка для пустых контейнеров, площадка для дезинфекции контейнеров, камера для временного хранения, бытовка, два комплекса термического обеззараживания отходов, площадка для топлива (древесина), открытая стоянка автотранспорта. При утилизации отходов использовался метод термического пиролиза с помощью автотермических установок «ИМА 2006F» и «ИМА 2006V». Данные установки являются уникальными, разработаны, запатентованы и произведены собственнo предприятием ООО «СИС-натуральные ресурсы». Основу технологии составляет высокотемпературная переработка отходов в двухкамерной вертикальной печи с постоянным отрицательным давлением. Установки относятся к оборудованию коммунального хозяйства и предназначены для термического обезвреживания (сжигания)

методом высокотемпературного горения отходов, в том числе медицинских отходов классов опасности Б и В.

Преимуществами установок «ИМА 2006» являются: автоматический способ загрузки; потребляемая мощность больше 10 кВт; наличие газоочистки; зольные остатки, получаемые в процессе обезвреживания (сжигания), относятся к IV классу опасности, захоронение которых не требует специальных полигонов, а производится на обычных полигонах ТБО; универсальность; эксплуатационная надежность, простота обслуживания, ремонтпригодность, ресурс; установки отличаются простотой и в отличие от зарубежных не требуют предварительной сортировки отходов и не имеют ограничений по исходной их влажности. Одним из плюсов данных установок является то, что в качестве топлива используется древесина.

Печь представляет собой установленные вертикально футерованные камеру сжигания и камеру дожигания, связанные между собой центральным соплом. Печь оснащена системой подачи окисляющего воздуха в равном объеме в трубчатый колосник и в каналы сопла. Распределенные каналы сопла расположены в два ряда по высоте, наклонены под углом 30° к продольной оси и направлены в камеру дожигания. Выходные отверстия трубчатого колосника расположены на его донной поверхности. В колоснике смонтированы ворошители, выполненные в форме эксцентриков, закрепленных на валу привода их поворота. Над подом камеры сжигания установлен скребок, закрепленный на штоке гидроцилиндра поперечного его перемещения. Ниже размещены лотки удаления золы, в которых установлены шнеки. Камера сжигания снабжена патрубком подачи материала в окно загрузки. Воздух из общей системы частично (10–12%) подается в канал патрубка подачи материала, который наклонен под углом 20° в сторону окна загрузки для создания воздушной заслонки, изолируя тем самым объем камеры сжигания. На отводящем патрубке камеры дожигания шарнирно закреплена крышка, которая посредством рычага связана с ручным приводом. Нормально оси печи смонтирован отводящий дымоход, по которому аэрозоль подается на дальнейшую обработку. Функционирует печь следующим образом. Для розжига печи (при открытой крышке на патрубке) используют загрузку топочного объема камеры сжигания дровами, стружкой, щепой и пр., при сжигании которых обеспечивается подъем температуры до уровня $1200\text{--}1400^\circ\text{C}$. Газы режима розжига выпускаются наружу через открытый патрубок печи. После этого при закрытой крышке осуществляется загрузка камеры сжигания через окно загрузки твердым фрагментированным материалом, который поступает на колосник, порциями или непрерывно дозированно.

При этом по наклонному каналу из системы струйно подается со скоростью 28 м/с воздух, который создает изолирующую завесу рабочего объема камеры сжигания. Непрерывное сжигание подаваемого через окно загрузки твердого фрагментированного материала происходит на колоснике, под который из воздуховода со скоростью 18 м/с подается окисляющий воздух, распределяемый затем в объем сжигаемого дискретного материала, увеличивая площадь горения и активизируя процесс с подъемом температуры до $1050\text{--}1150^\circ\text{C}$.

Экспериментально установлено, что продукты окислительного пиролиза задерживаются в камере сжигания на время не менее 2 с, что является достаточным для окисления сажи, как наиболее инертной и трудносжигаемой составляющей любого слоевого сжигания. Направленные по наклоненным в камеру дожигания каналам струи окисляющего воздуха, подаваемого со скоростью 35 м/с из воздуховода, инжектируют газообразные продукты горения из камеры сжигания, которые перемещаются в камеру дожигания. При этом в сопле происходит активное перемешивание газообразных продуктов горения с окисляющим воздухом, поступающим из каналов, образуя аэрозоль.

В камере дожигания газозвушная смесь расширяется, теряя скорость, и дожигается при температуре 1250–1300 °С до конечных продуктов, о чем свидетельствует практически полное отсутствие сажи в газоходе. Присутствие в отходящем со скоростью 15–17 м/с аэрозоле контролируемого кислорода не менее 3 мас. % гарантированно подтверждает его избыток в печи для осуществления окислительного пиролиза, обеспечивающего полное сжигание различных твердых и жидких материалов. Периодически (через 30 мин) включается привод поворота эксцентриков, которые ворошат сжигаемый материал на колоснике, предотвращая образование сводов, и разрушают спекшуюся корку, что активизирует горение за счет увеличения площади контакта с окисляющим воздухом. Скребок с пода камеры сжигания зола и шлак сталкиваются в лотки, где шнеками автоматически выводятся наружу [55].

Контрольные замеры в отходящем аэрозоле показали содержание СО не более 50 млн⁻¹, NO в диапазоне 100–250 млн⁻¹, концентрацию диоксинов в эквиваленте 2,3,7,8-ТХДД, не превышающую 0,1 нг/м³, что свидетельствует о высоком качестве полного сжигания разных отходов в указанной печи [55].

Система сбора, временного хранения и транспортирования медицинских отходов должна включать следующие этапы:

- сбор отходов внутри организаций, осуществляющих медицинскую и/или фармацевтическую деятельность;
- перемещение отходов из подразделений и временное хранение отходов на территории организации, образующей отходы;
- обеззараживание/обезвреживание;
- транспортирование отходов с территории организации, образующей отходы, согласно заключенным договорам;
- передача отходов класса А на полигон ТБО для захоронения;
- утилизация медицинских отходов на специализированном предприятии (отходы классов Б и В);
- передача отходов классов Г и Д в специализированные организации.

В лечебно-профилактических учреждениях г. Дубны сбор отходов разных классов осуществляется отдельно согласно СанПиН 2.1.7.2790-10 [146]. Смешение отходов различных классов в общей емкости недопустимо. Сбор отходов класса А осуществляется в многоразовые емкости или одноразовые пакеты, цвет пакетов может быть любой, за исключением желтого и красного. Многоразовая тара после опорожнения подлежит мытью и дезинфекции.

Крупногабаритные отходы класса А собираются в специальные бункеры для крупногабаритных отходов.

Отходы класса Б собираются в одноразовую мягкую (пакеты) или твердую (непрокальваемую) упаковку (контейнеры) желтого цвета или имеющую желтую маркировку. Выбор упаковки зависит от морфологического состава отходов. Отходы класса Б подлежат обязательному обеззараживанию (дезинфекции). Патолого-анатомические и органические операционные отходы класса Б (органы, ткани и т. д.) подлежат кремации (сжиганию). При окончательной упаковке отходов класса Б для удаления их из подразделения (организации) одноразовые емкости (пакеты, баки) с отходами класса Б маркируются надписью «Отходы. Класс Б» с нанесением названия организации, подразделения, даты и фамилии ответственного за сбор отходов лица. Дезинфекция многоразовых емкостей для сбора отходов класса Б внутри организации производится ежедневно.

Отходы класса В собирают в одноразовую мягкую (пакеты) или твердую (непрокальваемую) упаковку (контейнеры) красного цвета или имеющую красную маркировку. Выбор упаковки зависит от морфологического состава отходов. Перемещение отходов класса В за пределами подразделения в открытых емкостях не допускается. Отходы класса В подлежат обязательному обеззараживанию (дезинфекции) физическими методами (термическими, микроволновыми, радиационными и др.). Хранение и транспортирование необеззараженных отходов класса В не допускается.

Отходы класса Г (использованные ртутьсодержащие приборы, лампы (люминесцентные и другие), оборудование), собираются в маркированные емкости с плотно прилегающими крышками любого цвета (кроме желтого и красного), которые хранятся в специально выделенных помещениях. Вывоз отходов класса Г для обезвреживания или утилизации осуществляется специализированными организациями, имеющими лицензию на данный вид деятельности.

Сбор, хранение, удаление отходов класса Д осуществляется в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации к обращению с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, нормами радиационной безопасности. Вывоз и обезвреживание отходов класса Д осуществляется специализированными организациями по обращению с радиоактивными отходами, имеющими лицензию на данный вид деятельности.

Анализ данных (2011–2015 гг.), проведенный авторами, показал, что на предприятие — обособленное подразделение ООО «СИС-натуральные ресурсы» для утилизации поступали следующие виды отходов: медицинские, биологические, фармацевтические и химические. В структуре отходов, поступивших на предприятие для утилизации, преобладали медицинские отходы: на их долю приходилось в среднем порядка 87 %, на долю биологических и фармацевтических отходов приходилось примерно по 6 %, минимальное количество составляли химические отходы, на их долю приходился всего 1 %.

У жителей города деятельность ООО «СИС-натуральные ресурсы» вызвала определенные опасения. Несмотря на все заверения о его безопасности

и соответствие его всем санитарным и экологическим нормам, жители жаловались на черный дым и токсичный запах, идущий с данного предприятия. Вызывала тревогу возможность наличия диоксинов и фуранов в выбросах в атмосферный воздух, так как данные вещества являются глобальными экотоксикантами и обладают мощным мутагенным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием. Необходимо было наладить проведение на постоянной основе замеров содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в зоне влияния предприятия и информирование населения о результатах замеров. Методики определения большинства токсикантов сложны и требуют больших финансовых затрат. В 2019 г. предприятие было закрыто.

11.5. Осадок сточных вод с городских очистных сооружений

В результате механической, физико-химической и биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях образуются осадки, которые представляют серьезную эпидемиологическую и экологическую опасность. Осадки сточных вод (ОСВ) представляют собой отдельный вид отходов, образование которого в условиях городов составляет 30–45 % от общего количества отходов производства и потребления.

Общий объем осадков, образующийся при очистке сточных вод (смесь сырого осадка и уплотненного активного ила), составляет примерно 0,5–1 % от объема очищаемых сточных вод, при этом на долю активного ила приходится 60–70 % образующихся осадков. Твердая фаза осадков городских сточных вод из первичных отстойников состоит из органических (65–75 % массы) и минеральных веществ. На долю органической составляющей в иле приходится 70–75 %. Соответственно, зольность осадка колеблется от 25 до 35 %, ила — от 25 до 30 %. При уплотнении осадка удаляется до 60 % воды, еще 25 % — при механическом обезвоживании, а при сушке удаляется дополнительно 10–15 % воды от общего влагосодержания. Основной задачей при обработке осадков является их подготовка к экологически безопасной утилизации при наименьших затратах.

В России производство осадков сточных вод оценивается в 2,5 млн т сухого вещества в год. В Московской области накоплено более 120 млн т неутрализованных ОСВ, и ежегодно эта цифра увеличивается на 14–20 млн т. При этом суммарная площадь иловых полей превысила 700 га [28].

Основная масса осадков складывается на иловых площадках и отвалах, создавая технологические проблемы в процессе очистки стоков. В 99 % случаев иловые карты расположены рядом с очистными сооружениями, имеющими сброс в водные объекты. На большинстве очистных сооружений за последние 15–20 лет очистка иловых карт не осуществлялась. Многие карты к настоящему времени переполнены, из-за чего размещение вновь образующихся осадков становится проблематичным. Длительное хранение осадка сточных вод на иловых площадках и отвалах, как правило, приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, почвы и атмосферного воздуха. Загрязнению водной вытяжкой из осадков сточных вод (фильтрат) подвергаются зоны аэра-

ции горных пород, подземные и грунтовые воды, что негативно отражается на качестве окружающей среды, и эта проблема с каждым годом обостряется. При этом осадок продолжает образовываться ежедневно, а возможности его складирования ограничены. Поэтому практически перед каждым населенным пунктом рано или поздно встает вопрос: что делать с осадком.

В то же время осадок сточных вод — это ценный органический продукт, так как в своем составе он содержит большое количество органического углерода, а также различных питательных компонентов, таких как азот, фосфор, различные микроэлементы.

В настоящее время существуют несколько направлений утилизации осадка сточных вод. Осадки сточных вод с учетом уровня их загрязнения могут быть утилизированы следующими способами: захоронением, размещением на специальных площадках, сжиганием, применением в сельском хозяйстве, использованием в качестве одного из компонентов при производстве строительных материалов.

Актуальным на сегодняшний день является обработка осадков с целью получения побочной продукции (биогаза, органического удобрения, почвогрунта, рекультиванта и т. п.) или практически неопасного или малоопасного отхода, предназначенного для размещения в среде. В Западной Европе в агропроизводстве для повышения плодородия почв используется в среднем 30–40 %, а в некоторых районах до 90 % осадка. Однако в России данный показатель не превышает 7 % [120].

Возможность использования осадков сточных вод в сельском хозяйстве подтверждена результатами агрохимических анализов. Ценность активного ила состоит в том, что он содержит много белка и физиологически активных соединений. В осадках сточных вод повышено содержание органических соединений, структурирующих почву, а содержащиеся в осадках азот и фосфор повышают плодородие почв. Следовательно, осадки сточных вод удовлетворяют условиям, предъявляемым к удобрениям (веществам, ускоряющим рост растений и увеличивающим их массу). Минеральная часть осадков представлена в основном соединениями кремния, кальция, магния и железа. Одним из основных показателей, по которому определяется пригодность осадков, является содержание в них органического вещества.

Применение осадков в качестве органоминеральных удобрений регламентируется следующими документами: ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрения» [42]; СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» [147].

Поступление стоков предприятий различного профиля на городские очистные сооружения может приводить к тому, что в осадки сточных вод поступает целый ряд элементов, не характерных для хозяйственно-бытовых сточных вод, в том числе ряд тяжелых металлов. Однако наличие тяжелых металлов в осадках само по себе не исключает их использование в качестве удобрений, но необходима отработанная дозировка осадков на единицу площади территории и строго определенная периодичность их внесения. Масса почвы, в которую вносится осадок, определяется в зависимости от технологии ее

обработки (вспашка, культивирование, боронование и т. д.). При этом в каждом отдельном случае осадок сточных вод, вносимый различными агротехническими приемами, распределяется в разных объемах почвы. Технология внесения в почву осадков сточных вод разрабатывается в каждом конкретном случае на основании данных комплексного исследования агрохимических и экологических характеристик осадка.

По содержанию тяжелых металлов осадки должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [42] и подразделяются на две группы:

— осадки I группы — могут быть использованы под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зеленых и земляники;

— осадки II группы — могут использоваться под зерновые, зернобобовые и технические культуры.

Осадки обеих групп используют в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО. Нормы внесения удобрения, полученного на основе осадка и различных наполнителей, определяются с учетом физико-химических свойств почвы, химического состава удобрения, экологических условий территории и др. в соответствии с [42].

При использовании осадков сточных вод в качестве удобрений наряду с требованиями к составу и свойствам осадков необходимо соблюдение существующих требований в области охраны окружающей среды.

1. Применение осадков в качестве удобрений не должно приводить к ухудшению экологических и санитарно-гигиенических показателей окружающей среды, почвы, выращиваемых растений. Не допускается применять осадки:

— в водоохраных зонах и зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах, а также в пределах особо охраняемых природных территорий;

— поверхностно в лесах, лесопарках, на сенокосах и пастбищах;

— на затопляемых и переувлажненных почвах;

— на территориях с резко пересеченным рельефом, а также на площадках, которые имеют уклон в сторону водоема более 3°.

2. Интервал времени между поверхностным разбрасыванием осадков и заделкой в почву должен составлять не более 1 сут при удобрении сельскохозяйственных угодий, не более 8 ч на территории населенного пункта и в зоне отчуждения дорог, не более 10 сут при рекультивации нарушенных земель.

При совместном применении осадков с минеральными и другими органическими удобрениями учитывают общее количество поступающих в почву азота, фосфора и калия во избежание несбалансированности этих элементов для питания растений.

Осадки, применяемые в качестве органических или комплексных органоминеральных удобрений, должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 11.9–11.11 [42].

На участках, предназначенных для удобрения осадком, до его внесения должно быть проведено агрохимическое обследование почвы по следующим показателям: рН, содержание подвижных форм фосфора, калия, тяжелых металлов — свинца, кадмия, хрома, меди, никеля, ртути, цинка.

Таблица 11.9. Агрохимические показатели осадков

Наименование показателя	Норма	Метод определения
Массовая доля органических веществ, % на сухое вещество, не менее	20	ГОСТ 26213
Реакция среды (рН _{KCl})	5,5–8,5*	ГОСТ 26483
Массовая доля общего азота (N), % на сухое вещество, не менее	0,6	ГОСТ 26715
Массовая доля общего фосфора (P ₂ O ₅), % на сухое вещество, не менее	1,5	ГОСТ 26717
* Осадки, имеющие значение реакции среды (рН _{KCl} вытяжки) более 8,5, могут использоваться на кислых почвах в качестве органоминеральных удобрений.		

Таблица 11.10. Допустимое валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в осадках

Наименование металла	Концентрация, мг/кг сухого вещества, не более, для осадков группы	
	I	II
Свинец (Pb)	250	500
Кадмий (Cd)	15	30
Никель (Ni)	200	400
Хром (Cr _{общ})	500	1000
Цинк (Zn)	1750	3500
Медь (Cu)	750	1500
Ртуть (Hg)	7,5	15
Мышьяк (As)	10	20

Таблица 11.11. Санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические показатели осадков

Наименование показателя	Норма для осадков группы		Методика определения
	I	II	
Бактерии группы кишечной палочки, клеток/г осадка фактической влажности	100	1000	МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М., 1999.
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, клеток/г	Отсутствие	Отсутствие	
Яйца геогельминтов и цисты кишечных патогенных простейших, экз./кг осадка фактической влажности, не более	Отсутствие	Отсутствие	МУК 4.2.796-99. Методы санитарно-паразитологических исследований. Методические указания. М., 2000.

Запрещается применение осадков и компостов из них на почвах с $pH_{КС}$ ниже 5,5 без их предварительного известкования, если содержание кальция в осадке или компосте не обеспечивает поддержание pH почвы на уровне 5,5 и более.

Осадок сточных вод в г. Дубне. Централизованная система водоотведения в городе представляет собой сложную систему инженерных сооружений, надежная и эффективная работа которых является одной из важнейших составляющих благополучия города. Канализование осуществляется с использованием неполной раздельной системы. Централизованная система водоотведения города не предназначена для приема поверхностных сточных вод. В городскую систему водоотведения поступают хозяйственно-бытовые сточные воды от жилого сектора и объектов социально-бытового назначения, а также хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды от промышленных предприятий. Поверхностные (дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные) сточные воды стекают по лоткам, кюветам и дренажным канавам, далее в р. Волгу.

Одновременно с хозяйственно-бытовыми стоками в централизованную систему водоотведения в отдельные месяцы попадает до 22 % ливневых и талых вод, что, в свою очередь, приводит к дополнительным затратам на их транспортировку и очистку.

На территории города на сегодняшний день эксплуатируются одни канализационные очистные сооружения, обеспечивающие очистку, обеззараживание и сброс сточных вод от двух отдельных, изолированных друг от друга канализационных систем. Осуществление перераспределения потоков сточных вод по причине изолированности систем невозможно.

Система водоотведения (рис. 11.8) делится на две эксплуатационные зоны — АО «ПТО ГХ» и ОГЭ ОИЯИ. Зона деятельности ОГЭ ОИЯИ — Институтская часть города, зона деятельности АО «ПТО ГХ» — левобережная часть города, районы Большая Волга, Александровка, пос. Ратмино в правобережной части. При этом транспортировка сточных вод на городские очистные сооружения канализации из Александровки и Ратмино осуществляется по канализационным сетям ОГЭ ОИЯИ. В связи с плоским рельефом местности, отсутствием естественных уклонов, большой растянутостью города вдоль берегов и разделением города р. Волгой на левобережный и правобережный районы в городе имеется несколько бассейнов канализования. В левобережной части города имеется три бассейна канализования, в правобережной — семнадцать. Стоки от каждого бассейна по самотечным сетям поступают в районные канализационные насосные станции (КНС) различной производительности и далее по системе напорных коллекторов на городские очистные сооружения [153].

Сбор сточных вод в канализационные насосные станции производится по сетям самотечной канализации, далее все сточные воды перекачиваются на городские очистные сооружения. Всего в эксплуатации АО «ПТО ГХ» находится 15 канализационных станций общей производительностью 112 тыс. $m^3/сут.$ В эксплуатации ОГЭ ОИЯИ пять канализационных насосных станций общей производительностью 118 тыс. $m^3/сут.$

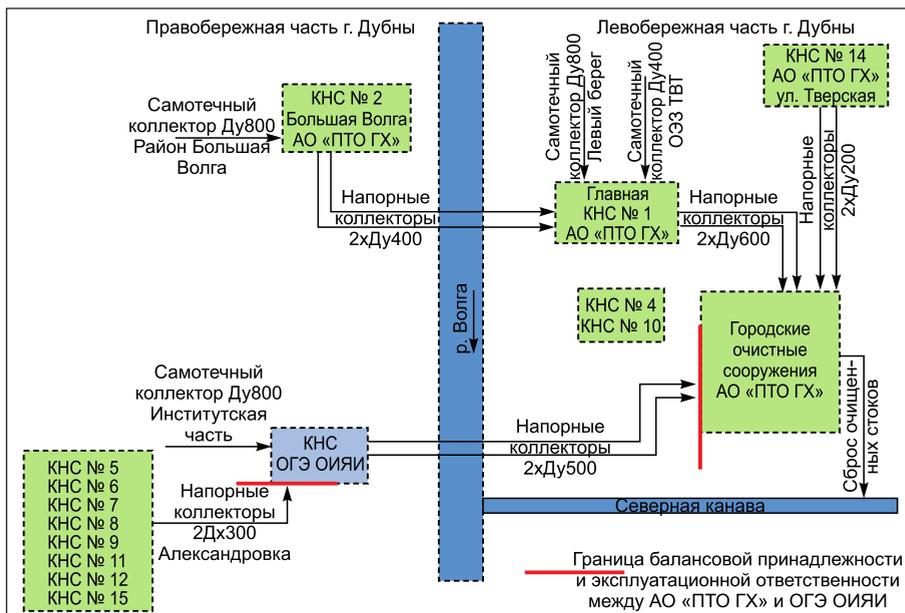


Рис. 11.8. Схема водоотведения г. Дубны

Городские очистные сооружения расположены в левобережной части города по адресу: г. Дубна, Коммунальный пр., 23, на земельном участке общей площадью 109 538 м². Сооружения (2-я очередь) введены в эксплуатацию в 1984 г. (узел доочистки — в 1987 г.) с производительностью 36,5 тыс. м³/сут. В настоящее время на очистные сооружения поступает в среднем 25–27 тыс. м³/сут, максимально — 39 тыс. м³/сут.

По данным предприятия АО «ПТО ГХ», объем принятых и очищенных сточных вод в 2018 г. составил 8390 тыс. м³, при этом большая часть сточных вод поступает от населения города. В настоящее время в рамках проекта по восстановлению р. Волги, предусматривающего строительство, реконструкцию и модернизацию очистных сооружений населенных пунктов, разработан проект по реконструкции очистных сооружений г. Дубны. Данный проект предусматривает увеличение проектной мощности очистных сооружений до 50 тыс. м³/сут, что улучшит качество очистки сточных вод до установленных нормативов и предотвратит загрязнение Волги. Планируемый срок реализации реконструкции очистных сооружений 2019–2021 гг.

В приемную камеру очистных сооружений сточные воды перекачиваются с трех основных насосных станций: с правого берега города (по дюкеру, проложенному по дну р. Волги), с главной насосной станции левого берега, в которую предварительно перекачиваются сточные воды из района Большая Волга, и со станции на ул. Тверская.

Существующая технология очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод включает в себя механическую и полную биологическую очистку с доочисткой на скорых фильтрах с гравийно-керамзитовой

загрузкой, а также обработку образующихся при этом осадков. На городских очистных сооружениях г. Дубны для биологической очистки сточных вод используются аэротенки с 50%-й регенерацией. Проходя весь цикл технологической очистки и обеззараживания, очищенные сточные воды сбрасываются в Северную канаву и далее в р. Волгу в 2966 км от устья реки. Географические координаты точки сброса с городских очистных сооружений г. Дубны: $56^{\circ}41'13,20003''$ северной широты, $37^{\circ}12'13,20004''$ восточной долготы.

Технологическая схема очистки сточных вод на городских очистных сооружениях г. Дубны представлена на рис. 11.9.

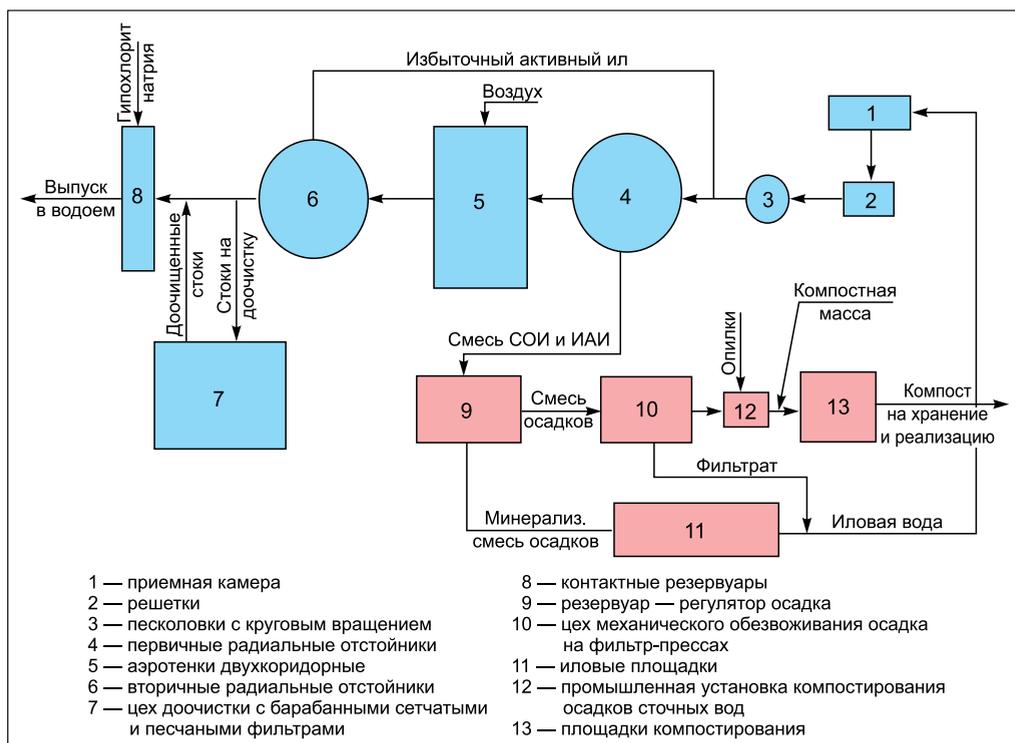


Рис. 11.9. Технологическая схема очистки сточных вод на городских очистных сооружениях АО «ПТО ГХ» г. Дубны

Сырой осадок, образующийся в результате очистки сточных вод, подлежит обработке и утилизации. В процессе очистки сточных вод на очистных сооружениях г. Дубны образуются: сырой осадок в количестве около $25\text{--}35 \text{ м}^3/\text{сут}$ влажностью $96\text{--}97\%$ и избыточный активный ил в количестве порядка $160\text{--}180 \text{ м}^3/\text{сут}$ влажностью $98\text{--}98,5\%$.

Технологическая схема обработки осадков на городских очистных сооружениях предусматривает совместное обезвоживание сырого осадка и избыточного активного ила на фильтр-прессе с предварительной обработкой флокулянтами и санитарное обеззараживание осадков, происходящее при компостировании с опилками. Ежедневно на фильтр-прессах обезвоживается

180–200 м³ смеси сырого осадка и избыточного активного ила. На одного человека в сутки образуется примерно 0,26 кг обезвоженного осадка сточных вод при влажности 75 %.

Долгое время на очистных сооружениях г. Дубны осадок, образовавшийся в результате очистки сточных вод, не находил применения и подлежал складированию на иловых площадках. В результате было накоплено огромное количество осадка, что привело к предельному заполнению иловых карт. К 2006 г. было накоплено около 64 580 т осадка сточных вод. Возникла необходимость выделения новых, свободных земель или освобождения существующих иловых карт и поиска безопасных, научно обоснованных и экономически выгодных путей утилизации и использования осадка сточных вод городских очистных сооружений.

Как уже говорилось, одним из методов утилизации осадка сточных вод является его использование в качестве органического удобрения. Метод биотермического компостирования осадка сточных вод является эффективным и прогрессивным для снижения негативного воздействия очистных сооружений на окружающую среду и получения дополнительной прибыли. Данный метод позволяет получить инертный обезвреженный конечный продукт, характеризуется простотой технологической схемы и эксплуатации технологического оборудования, низкими энергозатратами, экологичностью, быстрой окупаемостью.

Применение метода биотермического компостирования целесообразно для очистных станций с небольшой производительностью. Процесс биотермического компостирования осадков сточных вод в смеси с различными органическими наполнителями (торфом, опилками, соломой, сельскохозяйственными растительными отходами и т. п.) позволяет осуществить надежное обезвреживание отходов для последующей их утилизации.

Единственной проблемой, ограничивающей применение осадка в качестве органического удобрения, является наличие тяжелых металлов. Однако в связи с тем, что в г. Дубне отсутствуют «грязные» производства, а промышленность имеет относительно небольшие объемы, в осадках с городских очистных сооружений тяжелые металлы присутствуют в незначительном количестве.

В соответствии с существующей технологической схемой на очистных сооружениях действует следующая схема по обработке осадков: осадок первичных отстойников и избыточный активный ил совместно подаются на обезвоживание на фильтр-прессах с предварительной обработкой флокулянтами.

С целью улучшения свойств осадков целесообразным является их компостирование с различными органосодержащими наполнителями. В Дубне в качестве наполнителя применяются древесные опилки, являющиеся углеродосодержащими, разрыхляющими и влагопоглощающими компонентами. До начала компостирования проводятся анализы осадка и наполнителя, по результатам которых определяется их соотношение. При компостировании с опилками, которые характеризуются высоким содержанием органического вещества, низкой зольностью и достаточным содержанием биогенных элементов, соотношение наполнитель : осадок составляет 1–3 : 1 в зимнее время

и 1–1,5:1 в летнее время. Смешение осадка с опилками осуществляется в двухвалковом шнековом смесителе, установленном в цехе непосредственно после транспортера обезвоженного осадка. Готовая компостная смесь вывозится на площадки компостирования. Для компостирования суточного количества осадка, образующегося на очистных сооружениях, при его влажности в среднем 78 % количество опилок составляет 15–45 т/сутки при влажности опилок 55–65 %. Срок созревания компоста в летнее время составляет 2–3 месяца, в зимнее время 3–5 месяцев при периодическом взрыхляющем перемешивании (каждые 3–4 недели 2–3 раза за цикл в зависимости от времени года и продолжительности созревания компоста).

В качестве наполнителя может использоваться и сам компост. В этом случае составляются трехкомпонентные смеси в соотношении по массе осадок : компост : древесные опилки 1 : 0,3–0,5 : 0,1–0,2 соответственно.

Компостирование обеспечивает снижение влажности, концентрации солей тяжелых металлов за счет разбавления наполнителями и улучшение физико-химических свойств осадков и их обеззараживание за счет разложения органического вещества под действием аэробных термофильных микроорганизмов и саморазогревания компостных штабелей. Компостирование является биотермическим процессом разложения органических веществ и протекает в две стадии. На первой стадии — термофильной — происходит разогрев компостной массы до температуры 50–60 °С. Температура удерживается до нескольких недель. После этого температура начинает снижаться, процесс переходит в так называемую мезофильную стадию.

С целью интенсификации процесса компостирования смесь осадка и опилок обрабатывается биопрепаратом Bioforse Compost, который не только снижает время компостирования, но и положительно влияет на удержание влаги, на структуру компоста, а также способствует снижению запаха. В течение всего процесса компостирования постоянно осуществляется контроль за соблюдением технологии.

Компост, полученный в процессе компостирования осадков городских сточных вод, относится к практически неопасным (V класс опасности) отходам. В соответствии с ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [42] и СанПиН 2.1.7.573-96 [147] компост может применяться в качестве органического удобрения в сельском хозяйстве, зеленом строительстве, придорожном озеленении, в питомниках лесных, садовых и декоративных культур, цветоводстве, для рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО, а также при приготовлении почвенных питательных смесей и т. п. Полученный компост имеет сертификат соответствия.

Готовый компост представляет собой сыпучий материал влажностью 40–50 %, не имеющий запаха, содержащий макро- и микроэлементы, необходимые для роста и развития растений, полезную микрофлору и вещества, повышающие плодородие почв. Характеристики компоста представлены в табл. 11.12.

Созревший компост характеризуется хорошими органическими свойствами, отсутствием патогенной микрофлоры, низким содержанием токсичных элементов и занимает значительно меньший объем за счет снижения влаж-

Таблица 11.12. Характеристики готового компоста

Характеристика	Единица измерения	Значения
Влажность	Массовая доля влаги, %	50–70
Органические вещества	Массовая доля питательных веществ, % сухого вещества	30–70
Общий азот (N)		1,5–4,0
Общий фосфор (P ₂ O ₅)		1,5–3,5
Общий калий (K ₂ O)		0,2–0,9

Таблица 11.13. Результаты химического анализа состава прокомпостированных осадков сточных вод с очистных сооружений г. Дубны (по данным авторов)

Показатели	2008	2015
pH _{H₂O}	6,93	6,79
pH _{KCl}	6,47	6,33
C, %	27,60	11,55
P ₂ O ₅ (подвижные соединения), мг/кг	8100	5800
K ₂ O, мг/кг	2085,86	1969,76
Zn (валовые формы), мг/кг	35,45	35,09
Zn (подвижные формы), мг/кг	15,78	14,63
Pb (валовые формы), мг/кг	9,35	11,65
Pb (подвижные формы), мг/кг	3,31	4,76
Cd (валовые формы), мг/кг	0,74	0,44
Cd (подвижные формы), мг/кг	0,36	0,17
Cu (валовые формы), мг/кг	62,63	49,1
Cu (подвижные формы), мг/кг	4,67	5,82
Hg (валовые формы), мг/кг	0,85	0,37

ности. В процессе биodeградации отходов органический субстрат претерпевает физические и химические превращения с образованием стабильного гумифицированного конечного продукта. Такие продукты быстро приходят в равновесие с экосистемой, в которую их внесли, и не вызывают серьезных нарушений в ней.

При использовании осадков сточных вод и компостов на их основе в качестве удобрения или почвогрунтов в почвах увеличивается содержание органического вещества, азота, фосфора, других макро- и микроэлементов. Под действием осадков, как правило, снижается кислотность почв, увеличивается их влагоемкость, что особенно важно для почв легкого гранулометрического состава. Улучшаются тепловой, водный и воздушный режимы почв, возрастает их биологическая активность. Однако повышенное содержание тяжелых металлов в ОСВ вызывает необходимость проведения постоянного монито-

ринга и расчета допустимых доз внесения осадка с точки зрения содержания потенциально токсичных веществ.

По полученным результатам (табл. 11.13) авторами был произведен расчет допустимых доз внесения осадка на примере двух нормируемых загрязнителей (свинец и медь). В качестве фоновых показателей при расчете баланса свинца и меди для использования осадков городских очистных сооружений как удобрения были взяты усредненные показатели содержания металлов в почвах газонов около новостроек в районе Черная речка и на просп. Боголюбова. Химические показатели для почв газонов, использованные при расчетах: рН = 7,5–8,5; содержание гумуса 2%; фоновое содержание свинца 9,2 мг/кг; фоновое содержание меди 7,71 мг/кг. Показатели, которые учитывались при расчете: норма внесения осадка — 10 т/га (по сухому веществу); концентрация свинца в осадке — 36 мг/кг сухого вещества; ПДК свинца для почв — 32 мг/кг; концентрация меди в осадке — 95,8 мг/кг сухого вещества; ПДК меди для почв — 66 мг/кг; средняя масса пахотного слоя почвы (по СанПиН 2.1.7.573-96) — 3000 т/га.

В результате расчетов было получено, что при внесении 1 раз в 5 лет 10 т сухого вещества осадка на 1 га газона концентрация меди достигнет 0,8 ПДК через 678 лет, концентрация свинца достигнет 0,8 ПДК через 656 лет. Максимальная доза внесения осадков в почву по свинцу как лимитирующему компоненту составляет 256 т/га в год, по меди — 198 т/га в год.

Осадок можно применять в качестве удобрения для газонов и клумб на территории г. Дубны, в том числе в районе новостроек, и для рекультивации нарушенных земель.

Применение метода компостирования на городских очистных сооружениях г. Дубны позволило решить две задачи: с одной стороны — утилизировать накопленный осадок, разгрузить иловые карты, а с другой — получить компост для озеленения и благоустройства. Экономическая эффективность процесса компостирования илового осадка обусловлена сокращением затрат на покупку минеральных удобрений, экономией средств за счет уменьшения или полного исключения штрафных санкций за загрязнение окружающей среды, увеличением размера предотвращенного экологического ущерба окружающей природной среде.

Заключение

Проведенная комплексная оценка состояния различных компонентов окружающей природной среды в г. Дубне Московской области в целом свидетельствует об экологическом благополучии территории этого наукограда. Значительные площади зеленых насаждений и сохранившихся фрагментов городских лесов, высокое видовое разнообразие растений — все это создает надежный экологический каркас города.

Вместе с тем результаты биоиндикации с использованием метода флуктуирующей асимметрии листовых пластин свидетельствуют о существенном уровне антропогенной нагрузки на территорию г. Дубны с тенденцией к увеличению этого уровня и, соответственно, к ухудшению экологического состояния окружающей природной среды. Так, увеличение антропогенной нагрузки проявляется в росте содержания тяжелых металлов в депонирующих средах. Несмотря на относительно невысокие (значительно ниже существующих санитарно-гигиенических нормативов) концентрации загрязняющих веществ в почве и снежном покрове, на территории города существуют неблагоприятные районы, приуроченные к промзонам и автодорогам: в районе туннеля и плотины, восточнее левобережной промзоны, в промзоне «Александровка». Кроме того, ввод в эксплуатацию мостового перехода через р. Волгу привел к изменению транспортной нагрузки на территорию города, что скажется и на экологическом состоянии его природных компонентов. Для экологического мониторинга на участках наиболее интенсивного движения автотранспорта целесообразно использовать анализ снежного покрова (в качестве экспресс-метода).

Загрязнение поверхностных вод в окрестностях г. Дубны в значительной степени связано с нарушением водного законодательства РФ. В рамках реализации государственной программы по восстановлению р. Волги предусмотрена реконструкция и модернизация городских очистных сооружений, что улучшит качество очистки сточных вод. В то же время в городе необходимо создание системы сбора и очистки ливневых стоков, а также строительство снегоплавильных станций с локальными очистными сооружениями с целью недопущения попадания загрязненного снега в водные объекты в период весеннего снеготаяния.

Город Дубна расположен фактически на острове — находится на р. Волге, ограничен р. Дубной и Сестрой, каналом им. Москвы и Иваньковским водохранилищем. Город был построен после Великой Отечественной войны вместе с ускорительной лабораторией в рамках Советского атомного проекта. В 1956 г. был образован Объединенный институт ядерных исследований —

международная межправительственная научная организация, деятельность которой принесла г. Дубне всемирную известность.

В настоящее время г. Дубна — это наукоград мирового значения, здесь создана особая экономическая зона технико-внедренческого типа «Дубна» — крупнейшая в Российской Федерации по количеству резидентов. Четверть века в Дубне активно работает государственный университет «Дубна», здесь находятся высокотехнологичные предприятия, в том числе системы военно-промышленного комплекса России. Дубна живет насыщенной спортивной и культурной жизнью.

Новое дыхание феномену Дубны, поистине уникальному городу, дало строительство в ОИЯИ новой научной инфраструктуры, одного из шести российских проектов класса мегасайенс — коллайдера тяжелых ионов NICA, привлекающего внимание ученых со всех континентов.

Благодаря своим уникальным ландшафтным условиям г. Дубна успешно выполняет в том числе и рекреационную функцию. Особенно это актуально для таких урбанизированных регионов, как Московская область. Высокий уровень экологического благополучия г. Дубны при этом играет не последнюю роль, что требует сохранения качества окружающей среды города в пределах экологической нормы.

Список литературы

1. *Акимкин В.Г., Зудинова Е.А.* Эпидемиологическая значимость и перспективы решения проблемы обращения с медицинскими отходами в РФ // Поликлиника. — 2015. — № 5. — С. 34–39.
2. *Алексеев Ю.Е.* Флора Дубны: культивируемые сосудистые растения // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 1. — С. 11–17.
3. *Алексеев В.А.* Экологическая геохимия: Учеб. — М.: Логос, 2000. — 627 с.
4. *Алехин В.В.* Растительность и геоботанические районы Московской и сопредельных областей. — М.: Изд-во Моск. о-ва испытателей природы, 1947. — 71 с.
5. *Альперт В.А.* 20-летний опыт производства и эксплуатации вакуумного термомеркуризационного оборудования УРЛ-2 // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: Материалы междунар. симп. (Москва, 7–9 сент. 2010 г.). — М.: ГЕОХИ РАН, 2010. — С. 400–405.
6. *Альперт В.А., Пикин А.И.* Патент РФ № 1838440. Способ термической демеркуризации загрязненных ртутью материалов и устройство для его осуществления.
7. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 487 с.
8. Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением. — ЮНЕП, 2015. — 130 с.
9. *Баскакова Е.А., Савватеева О.А.* Экспресс-контроль антропогенной трансформации городских экосистем методами биоиндикации хвойных пород // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 5 (2). — С. 407–411.
10. *Бахтина Т.И., Каманина И.З.* Эколого-почвенный мониторинг территории г. Дубны // Тр. ун-та «Дубна»: Экология и науки о Земле: Сб. ст. — Вып. 2. — Дубна, 2006. — С. 24–31.
11. *Баша С.Г., Каманина И.З., Каплина С.П., Макаров О.А., Савватеева О.А.* Комплексный экологический мониторинг города Дубны. Биоиндикация. Оценка состояния атмосферного воздуха // Экологический вестн. Московского региона. — 2004. — № 4 (16). — С. 96–103.
12. *Башкин В.Н.* Экологические риски: расчет, управление, страхование: Учеб. пособие. — М.: Высш. шк., 2007. — 360 с.
13. *Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В.* Воздух городов и его изменение [Электронный ресурс]. — URL: https://fictionbook.ru/author/i_v_smirnova/vozduh_gorodov_i_ego_izmeneniya/ (дата обращения: 20.06.2019).
14. *Бельдеева Л.Н., Лазуткина Ю.С., Комарова Л.Ф.* Экологически безопасное обращение с отходами / Под общ. ред. Л.Ф. Комаровой; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. — 147 с.
15. *Беляев И.П., Пупырев Е.И.* Индикаторы качества окружающей среды // Экология большого города: Альманах. — М.: Прима-Пресс, 1996. — Вып. 1.
16. *Бессонов В.В., Янин Е.П.* Эмиссия ртути в окружающую среду при производстве газоразрядных ламп в России. — М.: ИМГРЭ, 2004. — 59 с.

17. Биология с основами экологии: Учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. С. Лукаткин, А. Б. Ручин, Т. Б. Силаева и др. / Под ред. проф. А. С. Лукаткина. — М.: Издат. центр «Академия», 2008. — 400 с.
18. *Битюкова В. Р.* Социально-экологические проблемы развития городов России. — 2-е изд., испр. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 448 с.
19. *Боев В. М., Быстрых В. В.* Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха и здоровье населения // *Цыцур А. А. и др.* Комплексная оценка качества атмосферы промышленных городов Оренбургской области. — Оренбург, 1999. — Гл. 6. — С. 129–146.
20. *Боравский Б. В., Боравская Т. В., Десяткова К. С.* Справочное руководство по обращению с отходами лечебно-профилактических учреждений / Под ред. Н. В. Русакова, В. Л. Гончаренко. — М.: ООО «Мир Прессы», 2006. — 432 с.
21. *Боровиков В. П., Ивченко Г. И.* Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows: Основы теории и интенсивная практика на компьютере: Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 2006. — 367 с.
22. *Бортникова С. Б., Рапута В. Ф., Девятова А. Ю., Юдахин Ф. Н.* Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий (на примере г. Новосибирск) // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеоэкология. Геокриология.* — 2009. — № 6. — С. 515–525.
23. *Васенев В. И.* Анализ микробного дыхания и углеродных пулов при функционально-экологической оценке конструкторских объектов Москвы и Московской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2011. — 24 с.
24. *Василенко В. Н.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. — Л.: Гидромет, 1985. — 195 с.
25. Введение в экологию. Город Дубна — история и экология / С. Г. Баша, М. И. Буланова, И. Л. Григорьева и др. — Дубна: Междунар. ун-т природы, общества и человека «Дубна», 2001. — 164 с.
26. *Владимиров В. В.* Урбоэкология: Курс лекций. — М.: Изд-во МНПУ, 1999. — 204 с.
27. Всероссийский центр изучения общественного мнения [Электронный ресурс]. — URL: <https://wciom.ru/index.php?id=238&uid=9548> (дата обращения: 20.05.2019).
28. *Гальченко С. В., Чердакова А. С.* Обоснование использования осадка сточных вод городских очистных сооружений в качестве удобрения // *Экологический вестн. России.* — 2012. — № 3. — С. 30–34.
29. Генплан городского округа Дубна Московской области: Утв. решением Совета депутатов городского округа Дубна Московской области от 28.10.2010 г. № 3С-12 (27)-101/45.
30. *Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т. В.* Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / Под ред. Г. В. Добровольского. — Смоленск: Ойкумена, 2003. — 268 с.
31. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справочные материалы: Учеб. пособие для вузов / Я. П. Молчанова, Е. А. Заика, Э. И. Бабкина, В. А. Сурнин. — М.: ИНФРА-М: Форум, 2007. — 192 с.
32. *Глазовская М. А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. — М.: Высш. шк., 1988. — 328 с.
33. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового

- водопользования (с изменениями) [Электронный ресурс]. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43149/ (дата обращения: 10.01.2019).
34. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений (с изменениями) [Электронный ресурс]. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_287450/ (дата обращения: 10.01.2019).
35. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. — URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293850/4293850511.htm> (дата обращения: 10.01.2019).
36. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. — URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293828/4293828439.htm> (дата обращения: 10.01.2019).
37. ГН 2.2.5.1313-03. Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы: Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003 [Электронный ресурс]. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42578/ (дата обращения: 10.01.2019).
38. Головин А. А., Самаев С. Б., Соколов Л. С. Современные подходы к методике эколого-геохимических исследований урбанизированных территорий // Разведка и охрана недр. — 2004. — № 3. — С. 67–73.
39. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — 7 с.
40. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 12 с.
41. ГОСТ 28168-89. Межгосударственный стандарт. Почвы. Отбор проб. — М.: Стандартинформ, 2008. — 5 с.
42. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрения [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200017708> (дата обращения: 20.05.2019).
43. ГОСТ Р 52105-2003. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032452/> (дата обращения: 20.03.2018).
44. ГОСТ Р 54098-2010. Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения: Утв. и введен в действие приказом Ростехрегулирования от 30.11.2010 № 761-ст [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=15365#07502144139886475> (дата обращения: 20.03.2018).
45. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Российской Федерации в 2017 г.» [Электронный ресурс]. — URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/> (дата обращения: 20.05.2019).
46. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Российской Федерации в 2016 г.» [Электронный ресурс]. — URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2016_/ (дата обращения: 20.05.2019).
47. Гришина Л. А., Орлов Д. С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. — М., 1978. — С. 42–47.

48. Денисов В. В., Курбатова А. С., Денисова И. А. и др. Экология города: Учеб. пособие / Под. ред. проф. В. В. Денисова. — М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издат. центр «МарТ», 2008. — 832 с.
49. Дзама Е. Д., Жмылев П. Ю., Карпухина Е. А., Шарапов Д. Н. Ильмовник — редкая лесная формация Европы в окрестностях Дубны // Актуальные проблемы экологии и природопользования. — Вып. 14, ч. 1. — М.: РУДН, 2012. — С. 142–147.
50. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении: Учеб. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. — 320 с.
51. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении: Учеб. / Науч. ред. Ю. Н. Благовещенский. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 328 с.
52. Доклад Правительства Московской области «Экологическая обстановка на территории Московской области» [Электронный ресурс]. — URL: <http://president-sovet.ru/files/88/19/881958daa6b993a3cb57eedeb4bbff0.pdf> (дата обращения: 20.05.2019).
53. Дьяконов К. Н., Касимов Н. С., Тикунов В. С. Современные методы географических исследований: Кн. для учителя. — М.: Просвещение: АО «Учеб. лит.», 1996. — 207 с.
54. Евтухович И. Л. Экология природно-производственных (техногенных) систем: Учеб. пособие. — Дубна: Междунар. ун-т природы, общества и человека «Дубна», 2001. — 128 с.
55. Ершов А. Г., Шульц Л. А. Вертикальная печь: Патент на изобретение № 2387926 / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам [Электронный ресурс]. — URL <http://bd.patent.su/2387000-2387999/pat/servlet/servlet2e9c.html> (дата обращения: 03.03.2017).
56. Жмылев П. Ю., Карпухина Е. А., Веряскина Е. В., Теребова А. С. *Hammarbya paludosa* (L.) O. Kuntze (Orchidaceae): новое местонахождение редкого вида в Московской области // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 2. — С. 19–24.
57. Жудова П. П. О карте геоботанического районирования Московской области и сопредельных областей. — М., 1979. — 21 с.
58. Закруткин В. Е. Геохимия ландшафта и техногенез. — Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. — 308 с.
59. Зарина Л. М. Геоэкологические особенности распределения тяжелых металлов в снежном покрове Санкт-Петербургского региона: Дис. ... канд. геогр. наук. — СПб., 2009. — 226 с.
60. Заславский Е. М. Статистический анализ экологических данных: Учеб.-практ. пособие. — М.: Изд-во РГСУ, 2005. — 70 с.
61. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Основы биометрии. Введение в статистический анализ биологических явлений и процессов. — Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. ун-та, 1992. — 168 с.
62. Ильин Б. И. Тяжелые металлы в системе почва–растения. — Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. — 151 с.
63. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)). — М.: Бюро НТД, 2016. — 198 с.

64. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. — М.: Бюро НТД, 2015.
65. Информационный выпуск. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2017 г. [Электронный ресурс]. — URL: <https://тер.mosreg.ru/download/document/33636> (дата обращения: 10.06.2019).
66. Информационный выпуск. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2016 г. — Красногорск, 2017. — 188 с.
67. Информационный выпуск. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2017 г. — Красногорск, 2018. — 188 с.
68. Информационный выпуск. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2015 г. — Красногорск, 2016. — 202 с.
69. *Исаченко Т.И., Лавренко Е.М.* Ботанико-географическое районирование // Растительность европейской части СССР. — Л.: Наука, 1980. — С. 10–20.
70. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях / Пер. с англ.; Под ред. Ю.Е.Саета. — М.: Мир, 1989. — 439 с.
71. *Каманина И.З., Дзама Е.Д., Савватеева О.А.* Предложения по повышению эффективности управления лесным городским фондом // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 9–3. — С. 550–554.
72. *Каманина И.З., Каплина С.П., Тихомирова И.Е., Савватеева О.А.* Мониторинг снежного покрова в районе г. Дмитрова // Сб. материалов молодежной науч. экологической конф. «Молодежь за безопасную окружающую среду для устойчивого развития». — Дубна: Междунар. ун-т природы, общества и человека «Дубна», 2007. — С. 216–223.
73. *Каманина И.З.* Экологическое состояние г. Дубны Московской области // Вестн. Междунар. ун-та природы, общества и человека «Дубна». — 2016. № 2(34). — С. 17–24.
74. *Каманина И.З., Григорьева И.Л., Ермолаева В.В., Никитинская Т.* Экологические аспекты развития рекреации на Ивановском водохранилище и его береговой зоне // Туризм и устойчивое развитие регионов: Материалы второй Всерос. науч.-практ. конф. — Тверь: ТвГУ, 2005. — С. 73–76.
75. *Каманина И.З., Савватеева О.А.* Воздействие автотранспорта на окружающую среду г. Дубны // Фундаментальные исследования. — 2014. — № 8–7. — С. 1612–1616.
76. *Каплина С.П., Каманина И.З.* Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове на территории средних городов севера Московской области и их влияние на здоровье населения // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 7. — С. 71–75.
77. *Каплина С.П., Каманина И.З., Савватеева О.А., Тихомирова И.Е.* Оценка степени загрязнения снежного покрова территорий малых городов севера Московской области // Экология урбанизированных территорий. — 2010. — № 3. — С. 84–89.
78. *Каплина С.П., Каманина И.З., Судницын И.И.* Тяжелые металлы в почвах городов Дубна и Дмитров // Агрехимия. — 2012. — № 10. — С. 60–65.
79. *Каплина С.П.* Оценка экологического состояния компонентов окружающей среды малых и средних городов севера Московской области: на примере города Дубна и городского поселения Дмитров: Дис. ... канд. биол. наук. — М., 2013. — 200 с.

80. *Каплина С.П.* Оценка экологического состояния компонентов окружающей среды малых и средних городов севера Московской области // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2013. — 21 с.
81. *Карпухина Е.А., Алексеев Ю.Е., Жмылев П.Ю., Лазарева Г.А.* Флора городского округа Дубна. — Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2016. — 265 с.
82. Карта почвенно-географического районирования Нечерноземной зоны РСФСР. М 1:1500000 / Отв. ред. Г.В. Добровольский. — 1980.
83. *Киселева К.В.* Опыт флористического районирования Московской области // Бюл. МОИП, отд. биол. — 1964. — Т. 69, вып. 4. — С. 142–144.
84. Концепция комплексного экологического мониторинга Московской области. — М., 2000. — 40 с.
85. Концепция национальной безопасности Российской Федерации: Утв. Указом Президента Российской Федерации от 17 декабря 1997 г. № 1300 (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 10 января 2000 г. № 24). — М., 2000.
86. *Краюшкина Е.Н., Каманина И.З., Савватеева О.А.* Изучение состояния окружающей среды методом биомониторинга (на примере г. Дубны) // Сб. материалов IV Межвузовской науч.-практ. конф. «Инновационное развитие экономики региона». — Королев: КИУЭС, 2010. — С. 80–85.
87. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. — М.: Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 1992. — 52 с.
88. *Малхазова С.М., Королева Е.Г.* Окружающая среда и здоровье человека: Учеб. пособие. — М.: Географический факультет МГУ, 2009. — 180 с.
89. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур): Утв. распоряжением МПР РФ от 16.10.2003 № 460-р. — М., 2003. — 24 с.
90. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве: Утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15.05.1990. — М., 1990 — 16 с.
91. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами / Б.А. Ревич, Ю.Е. Саэт, Р.С. Смирнова, Е.П. Сорокина. — М.: ИМГРЭ, 1982. — 112 с.
92. Методические указания МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: Утв. и введ. в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 февраля 1999 г. [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003852> (дата обращения: 10.06.2019).
93. Методические указания по оценке влияния выбросов автотранспорта на окружающую среду вдоль автомобильных дорог. — Минск: Госкомитет Республики Беларусь по экологии, 1993. — 89 с.
94. *Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П.* Математическая статистика в почвоведении: Практикум. — М.: МАКС Пресс, 2008. — 84 с.
95. *Миленин А.М.* Проблема обращения с отходами лечебно-профилактических организаций в современных условиях — как важнейшая эпидемиологическая и экологическая составляющая безопасности населения / Министерство здра-

- вохранения Московской области [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.myshared.ru/slide/977865/> (дата обращения: 12.05.2018).
96. Мониторинг водных объектов в зоне деятельности Московско-Окского БВУ [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.m-obvu.ru/activity/monitoring/> (дата обращения: 10.06.2019).
97. Мотузова Г.В. Почвенно-химический экологический мониторинг. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. — 86 с.
98. Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. — М.: Эдиториал УРСС, 1999. — 164 с.
99. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв: Учеб. — М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. — 237 с.
100. МУ 2.1.7.730-99. Методические указания. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. — М.: Санэпидиздат, 1999. — 26 с.
101. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Утв. приказом Росрыболовства от 18 января 2010 г. № 20. — М., 2010. — 215 с.
102. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2009 г.: Государственный доклад / Ю. А. Израэль, Г. М. Черногаева, В. И. Егоров, А. С. Зеленов, Ю. В. Пешков [Электронный ресурс]. — М.: Росгидромет, 2010. — 177 с. — URL: <http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2009.pdf> (дата обращения: 12.05.2018).
103. Обухов А.И., Ефремова Л.А. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы: Сб. материалов Всесоюз. конф. — М., 1988. — Т. 1. — С. 23–25.
104. Обухов А.И. Методические основы разработки ПДК тяжелых металлов и классификация почв по загрязнению // Система методов изучения почвенного покрова, деградированного под влиянием химического загрязнения. — М., 1992. — С. 13–20.
105. ОДМ 218.2.032-2013. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах (издан на основании распоряжения Росавтодора от 25.02.2013 № 223-р) [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=581112#08615319858259818> (дата обращения: 10.06.2019).
106. Орлов А.Ю. Обоснование санитарно-химической опасности медицинских отходов: Дис. ... канд. мед. наук. — М., 2010. — 157 с.
107. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.: Утв. Президентом РФ 30.04.2012 г. [Электронный ресурс]. — URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/15177> (дата обращения: 20.05.2019).
108. Официальный сайт Министерства экологии и природопользования Московской области [Электронный ресурс]. — URL: <https://mer.mosreg.ru/> (дата обращения: 26.04.2018).
109. Официальный интернет-портал органов местного самоуправления городского округа Дубна Московской области [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.naukograd-dubna.ru/about/map?tab=tab57> (дата обращения: 10.06.2019).
110. Официальный сайт «Lassila & Tikanoja (L&T)» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.l-t.com.ru> (дата обращения: 29.05.2017).

111. Официальный сайт «Венчурная компания «ФИД-Д»». — URL: <http://fid-dubna.com/equipment/> (дата обращения: 29.05.2017).
112. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии РФ [Электронный ресурс]. — URL: www.mnr.gov.ru/press/news/po_mneniyu_44_oproshennykh_vtsiom_rossiyanaibolshuyu_ekologicheskuyu_opasnost_predstavlyayut_bytov/?sphrase_id=147836/ (дата обращения: 10.06.2019).
113. Официальный сайт АО «ПТО ГХ» г. Дубны [Электронный ресурс]. — URL: http://ptogx.ru/images/stories/2016/raskritie_inf/fhd/analiz_vodootvedenie_sto4nie_vodi_2016.pdf (дата обращения: 29.05.2017).
114. Официальный сайт обособленного подразделения ОАО «СИС-Натуральные ресурсы», г. Дубна [Электронный ресурс]. — URL: <http://dubna.medwaste.ru/documents/licenses> (дата обращения: 20.03.2018).
115. Официальный сайт общественной неправительственной организации Greenpeace в России [Электронный ресурс]. — URL: http://www.greenpeace.org/russia/ru/news/2016/10-03-opros_levada/ (дата обращения: 29.05.2017).
116. Официальный сайт особой экономической зоны технико-внедренческого типа «Дубна» [Электронный ресурс]. — URL: <http://oezdubna.ru/investors/residents/one/?id=89> (дата обращения: 12.05.2019).
117. Официальный сайт проекта Экобокс [Электронный ресурс]. — URL: <http://ecoboxgroup.ru/client/about/> (дата обращения: 28.04.2016).
118. Официальный сайт проекта Экобокс [Электронный ресурс]. — URL: <https://ecobox.ru/product-category/energolamp/> (дата обращения: 28.02.2019).
119. ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах [Электронный ресурс]. — URL: <http://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredelenie-soderzhaniya-tyazhelyh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/> (дата обращения: 24.11.2018).
120. *Пахненко Е. П.* Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения: Учеб. пособие. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 311 с.
121. *Перельман А. И.* Геохимия ландшафта. — М.: Высш. шк., 1975. — 342 с.
122. *Перельман А. И., Касимов Н. С.* Геохимия ландшафта: Учеб. пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Астеря-200, 1999. — 768 с.
123. Постановление Администрации города Дубны Московской области от 24.10.2014 № 108па-67 «Об утверждении муниципальной программы города Дубны Московской области «Экология и окружающая среда» на 2015–2019 гг.» [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/432496895> (дата обращения: 24.11.2018).
124. Постановление Правительства МО от 25.10.2016 № 795/39 «Об утверждении государственной программы Московской области «Экология и окружающая среда Подмосковья» на 2017–2026 гг.» [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/456034091> (дата обращения: 24.11.2018).
125. Постановление Правительства Московской области от 22.12.2016 № 984/47 «Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Московской области» [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/456034634> (дата обращения: 24.11.2018).
126. Приложение к постановлению Правительства Московской области от 22.12.2016 № 984/47 «Территориальная схема обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Московской области» [Электронный ресурс]. —

- URL: https://rsbor-msk.ru/wp-content/uploads/2017/07/Приложение_к_ПП_МО_№984_47_от_22.pdf (дата обращения: 24.11.2018).
127. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 № 681 (ред. от 01.10.2013) «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде» [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/902233276> (дата обращения: 24.11.2018).
 128. Постановление Правительства РФ от 13.08.2006 № 491 (ред. от 09.09.2017) «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность» [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/901991977> (дата обращения: 24.11.2018).
 129. Почва, город, экология / Под общ. ред. Г. В. Добровольского. — М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. — 320 с.
 130. Почвенно-геологические условия Нечерноземной зоны РСФСР / Под ред. Е. М. Сергеева. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. — 609 с.
 131. Почвы Московской области и их использование / Под ред. Л. Л. Шишова, Н. В. Войтовича / В 2 т. — Т. 1. — М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2002. — 500 с.
 132. Почвы СССР / Т. В. Афанасьева, В. И. Василенко, Т. В. Терешина, Б. В. Шеремет; Отв. ред. Г. В. Добровольский. — М.: Мысль, 1979. — 380 с.
 133. Практикум по агрохимии / Под ред. В. Г. Минеева. — Изд-во: Моск. ун-та, 2001. — 689 с.
 134. *Протасов В. Ф.* Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. — М.: Финансы и статистика, 1999. — 672 с.
 135. Растительность Московской области. Пояснительный текст и легенда к карте. — М.: Изд-во: Моск. ун-та, 1996. — 45 с.
 136. РД 52.04.186-89. Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. Министерство здравоохранения СССР. — М., 1991. — 695 с.
 137. РД 52.18.191-89. Руководящий документ. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. — М., 1990. — 14 с.
 138. *Речан С. П., Малышева Т. В., Абатуров А. В., Меланхолин П. Н.* Леса северного Подмосковья. — М.: РАН, 1993. — 315 с.
 139. Решение Совета депутатов г. Дубны МО от 27.06.2013 № РС-6(74)-67/25 «Об утверждении Положения о порядке обращения с отходами производства и потребления на территории города Дубны Московской области» [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/494704060> (дата обращения: 24.11.2018).
 140. *Рохмистров В. Л., Иванова Т. Г.* Изменение дерново-подзолистых почв в условиях крупного промышленного центра // Почвоведение. — 1985. — № 5. — С. 71–76.

141. *Сает Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др.* Геохимия окружающей среды. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
142. Сайт IMA 2006. Установка для сжигания отходов [Электронный ресурс]. — URL: <http://ima2006.ru/table-waste> (дата обращения: 20.03.2018).
143. Сайт IMA 2006. Установка для сжигания отходов [Электронный ресурс]. — URL: <http://ima2006.ru/development-history/dubna> (дата обращения: 20.03.2018).
144. *Саканян Е. И., Ковалева Е. Л., Фролова Л. Н., Шелестова В. В.* Современные требования к качеству лекарственных средств растительного происхождения // Вестник Научного центра экспертизы средств медицинского применения. — 2018. — Т. 8, № 3. — С. 170–178.
145. Санитарно-эпидемиологическое заключение № 50.03.03.000. Т. 000750.06.10 от 21.06.2010 [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.medwaste.ru/about/82> (дата обращения: 05.03.2017).
146. СанПиН 2.1.7.2790-10. Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами [Электронный ресурс]. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_110948/ (дата обращения: 05.03.2017).
147. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000109> (дата обращения: 09.07.2018).
148. *Семенова И. Н., Рафикова Ю. С., Ильбулова Г. Р.* Воздействие предприятий горнорудного комплекса Башкирского Зауралья на состояние природной среды и здоровье населения прилегающих территорий // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 1. — С. 29–34.
149. Система экологической безопасности г. Дубны: Моногр. / С. Г. Баша, Р. Г. Джамалов, К. С. Дзюба, П. А. Игнатов и др. / Под общ. ред. О. Л. Кузнецова. — Дубна: Междунар. ун-т природы, общества и человека «Дубна», 2005. — 88 с.
150. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001220> (дата обращения: 10.06.2019).
151. СП 4089-86. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах [Электронный ресурс]. — URL: docs.cntd.ru/document/1200114682 (дата обращения: 19.12.2018).
152. *Строганова М. Н., Агаркова А. Д.* Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части г. Москвы) // Почвоведение. — 1992. — № 7. — С. 16–23.
153. Схема водоснабжения и водоотведения городского округа Дубна Московской области на период до 2015 г. — ОАО «ПТО ГХ», 2015.
154. *Терешкина О. И., Самылина И. А., Рудакова И. П., Гравель И. В.* Гармонизация подходов к оценке безопасности состава лекарственных растительных препаратов // Биомедицина. — 2011. — № 3. — С. 80–86.
155. *Тимошин В. Н., Яковлев С. И., Кочуров А. В.* Электронный лом — потенциальный источник ртутных загрязнений // Твердые бытовые отходы. — 2009. — № 7. — С. 34–36.
156. *Тимошин В. Н., Янин Е. П.* Ртуть в отходах электронного оборудования // Тр. второго междунар. симп. «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты». — Новосибирск: ИНХ СО РАН, 2015. — С. 349–351.
157. Указ Президента Российской Федерации от 20.12.2001 г. № 1472 «О присвоении статуса наукограда Российской Федерации г. Дубне Московской области»

- [Электронный ресурс]. — URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/17651/print> (дата обращения: 20.05.2019).
158. Указ Президента РФ от 12.05.2009 № 537 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г.» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/195521/> (дата обращения: 20.05.2019).
159. Указ Президиума Верховного Совета РСФСР от 24 июля 1956 г. № 762/14 [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.naukograd-dubna.ru/files/2018/03/27/%D0%A3%D0%BA%D0%B0%D0%B7%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BA%20%D0%94%D1%83%D0%B1%D0%BD%D0%BE%20%D0%B2%20%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%20%D0%94%D1%83%D0%B1%D0%BD%D0%BE.jpg> (дата обращения: 20.05.2019).
160. Федеральная служба государственной статистики. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2018 г. [Электронный ресурс]. — URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/a1c8ea004d56a39ab251f2ba1c3ab6fce (дата обращения: 20.05.2019).
161. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. — URL http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 10.06.2019).
162. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. — URL http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 10.06.2019).
163. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (с изменениями и дополнениями) «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. — URL: <http://base.garant.ru/12112084/> (дата обращения: 20.05.2019).
164. Шарпов Д. Н., Жмылев П. Ю., Карпухина Е. А. Экология ильма и вяза // Актуальные проблемы экологии и природопользования. — Вып. 16. — М.: РУДН, 2014. — С. 105–108.
165. Шендрик В. Д., Ершова Е. Г., Жмылев П. Ю. Небольшое болото в г. Дубна: сосредоточение охраняемых видов // Евразийский союз ученых. — 2015. — № 4 (13). — С. 89–92.
166. Шубов Л. Я., Ставровский М. Е., Олейник А. В. Технология твердых бытовых отходов: Учеб. / Под ред. проф. Л. Я. Шубова. — М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. — 400 с.: ил.
167. Экологическая доктрина Российской Федерации (одобрена распоряжением Правительства РФ от 31 августа 2002 г. № 1225-р) [Электронный ресурс]. — URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=92097> (дата обращения: 05.03.2017).
168. Экологический паспорт. Городской округ Дубна [Электронный ресурс]. — URL: http://ecopassmo.mosreg.ru/media/region_doc/Dubna_go.pdf (дата обращения: 10.06.2019).
169. Янин Е. П. О необходимости раздельного сбора и утилизации использованных люминесцентных ламп // Экологический вестн. России. — 2014. — № 2. — С. 20–23.
170. Янин Е. П. Ртутные лампы как источник загрязнения окружающей среды. — М.: ИМГРЭ, 2005. — 28 с.

171. Янин Е.П. Ртутные лампы: опасность для окружающей среды // Экология производства. — 2010. — №2. — С. 53–55.
172. Colvile R. N., Hutchinson E. J., Mindell J. S., Warren R. F. The Transport Sector as a Source of Air Pollution // Atmospheric Environment. — 2001. — V. 35, Iss. 9. — P. 1537–1565.
173. Kaplina S. P., Kamanina I. Z. Complex Estimation of the Ecological Condition of Russia Average Size Towns // The VIII International Youth Science Environmental Forum of Baltic Region Countries «Ecobaltica MMM2011»: Book of proceedings. — St.-Petersburg, 2011. — P. 159–163.
174. Ozaki H., Watanabe I., Kuno K. Investigation of the Heavy Metal Sources in Relation to Automobiles // Water, Air, and Soil Pollution. — 2004. — V. 157. — P. 209–223.
175. Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature / Eds. J. Marzluff, E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, C. ZumBrunnen & U. Simon. — Springer, 2008. — P. 196.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Глава 1. Экологические особенности урбанизированных территорий . . .	6
Глава 2. Общая характеристика г. Дубны.	10
Глава 3. Оценка состояния атмосферного воздуха	16
Глава 4. Оценка влияния автотранспорта	20
Глава 5. Оценка состояния поверхностных вод	31
Глава 6. Оценка состояния почвенного покрова	41
Глава 7. Оценка состояния снежного покрова	57
Глава 8. Растительность	84
Глава 9. Оценка экологического состояния окружающей среды по дан- ным биоиндикации	96
Глава 10. Комплексная оценка экологического состояния окружающей среды.	100
Глава 11. Система обращения с отходами	103
11.1. Твердые коммунальные отходы	109
11.2. Промышленные отходы	120
11.3. Ртутьсодержащие отходы	120
11.4. Медицинские отходы	134
11.5. Осадок сточных вод с городских очистных сооружений	144
Заключение.	155
Список литературы	157

Каманина Инна Здиславовна,
Каплина Светлана Петровна,
Макаров Олег Анатольевич,
Кликодуева Нина Александровна

Комплексная оценка экологического состояния наукограда Дубна

Редактор *А. Н. Шабашова*
Компьютерная верстка и графика: *И. Г. Андреева, Е. М. Граменицкая*

Подписано в печать 23.09.2019.
Формат 70×100/16. Усл. печ. л. 13,7. Уч.-изд. л. 14,6.
Тираж 500 экз. Заказ № 59764.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6
E-mail: publish@jinr.ru
www.jinr.ru/publish/