

5. Окоронко, И. В. Гидрографическое районирование рек Белорусского Полесья (на примере реки Лесная) / И. В. Окоронко // Эффективное управление инновационными процессами в условиях цифровой трансформации: сборник статей международной научно-практической конференции (г. Магнитогорск, РФ, 10 декабря 2022г.). – Уфа : Аэтерна, 2022. – С. 276–277.

6. Чеботарев, А. И. Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев // Ленинград : Гидрометеиздат, 1978. – 308 с.

УДК 504.5+550.3

А. П. Гусев

ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ УРБОЛАНДШАФТОВ

*УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь,
andi_gusev@mail.ru*

Рассмотрено применение методов геофизики для изучения экологического состояния урболандшафтов. Показано, что методы экологической геофизики играют важную роль в изучении физического и химического загрязнения городской среды. Цель работы – разработка геофизических методическо-аппаратурных комплексов для диагностики экологического состояния урболандшафтов. Решаемые задачи: изучение электромагнитного загрязнения; изучение техногенных блуждающих токов; изучение теплового загрязнения; изучение химического загрязнения методами геоэлектрики и каппаметрии.

Экологическая геофизика – это раздел геофизики, в котором геофизические методы применяют для оценки экологического состояния окружающей среды. Геофизические методы используются для диагностики как физического, так и химического загрязнения окружающей среды. Физическое загрязнение окружающей среды – это изменение ее физических свойств, которое может негативно воздействовать на здоровье человека, состояние биоты, природных экосистем, затруднять и нарушать функционирование технических систем. Химическое загрязнение окружающей среды – это изменение ее химических свойств, негативно влияющее на здоровье человека, состояние биоты, природных экосистем, нарушающее работу технических систем.

Электромагнитное загрязнение – это изменение электромагнитных свойств окружающей среды, которое может оказать негативное воздействие на человека, биоты, технические системы. Виды электромагнитного загрязнения выделяются в зависимости от диапазона частот электромагнитных излучений. Представляет собой широко распространенную проблему урболандшафта, которой, как правило, на бытовом уровне уделяется мало внимания. Электромагнитные излучения промышленной частоты (50 Гц) нормируются следующим образом: 1) напряженность электрического поля E (в кВ/м); 2) напряженность (H , А/м) или индукция (B , в мкТл) магнитного поля. Внутри жилых зданий предельно допустимыми уровнями являются: E – 0,5 кВ/м, B – 5,0 мкТл. В пределах жилой застройки: E – 1,0 кВ/м, B – 10,0 мкТл. Вне жилой застройки: E – 5 кВ/м, B – 20,0 мкТл. Актуальной задачей является исследование электромагнитного загрязнения внутри зданий, т.е. в местах постоянного воздействия на категории населения, включая детей и хронически больных людей [1, 2].

Было выполнено исследование электромагнитного излучения промышленной частоты (ЭМИ ПЧ) в 15 жилых и офисных помещениях. Изменения проводились в центре

помещения, вблизи бытовых источников излучения. ЭМИ ПЧ изменялось в непосредственной близости к источнику (до 10 см) и на удалении от него 1 м. Всего выполнено 300 измерений. Вблизи компьютера Е составляла от 30 до 400 (среднее – 145) В/м, В – от 0 до 1,5 (0,2) мкТл. На расстоянии 1 м Е в 77 % точек было равно 0 и только в 23 % составляла 40–120 В/м. Розетки 220В создавали ЭМИ ПЧ, имеющее следующие характеристики: Е – от 40 до 370 (среднее – 173) В/м, В – от 0 до 32,7 (1,3) мкТл. На расстоянии 1 м Е – от 0 до 120 (среднее 12,4) В/м; В – от 0 до 2,1 (среднее – 0,1) мкТл. Электрический чайник генерирует ЭМИ ПЧ: Е – 135–565 (среднее 376) В/м; В – 0,5–4,9 (среднее – 2,5) мкТл. На расстоянии 1 м: Е – 10–90 (среднее 38) В/м; В – 0. Стиральная машина создает ЭМИ ПЧ: Е – 190–420 (среднее 359) В/м; В – 0–1,2 (среднее – 0,5) мкТл. На расстоянии 1 м Е убывает до 0–60 (среднее 27) В/м, В – до 0. Мощным источником магнитного поля является микроволновая печь: Е – 15–265 (среднее – 198) В/м, В – 17,1–32,1 (среднее – 22,8) мкТл. Через 1 м напряженность электрического поля убывает до 12–30 (среднее 21) В/м, магнитная индукция – до 0,3–2,3 (среднее – 0,8) мкТл.

ЭМИ ПЧ в помещениях отличается крайней пространственной изменчивостью, как по горизонтали, так и по вертикали. В зависимости от высоты измерения величина Е и В может изменяться в 10 и более раз. Максимальные значения напряженности электрического поля в помещениях фиксировались вблизи токопроводящих линий, осветительных приборов, компьютеров. В ряде случаев в помещениях обнаружены аномалии В (до 2 мкТл), не имеющие видимой связи с какими-либо электрическими приборами.

Изучение техногенных блуждающих токов. Важным фактором, негативно воздействующим на металлические подземные коммуникации, являются техногенные блуждающие токи (ТБТ). Основными источниками этих токов являются рельсовые сети электрифицированной железной дороги, а также линии электропередач постоянного тока (и катодные установки). Наиболее мощными и распространенными из названных источников блуждающих токов являются линии электрифицированных железных дорог. ТБТ опасны за счет электрохимической активности, которая приводит к ускоренной коррозии подземных металлических сооружений, в том числе трубопроводов и газопроводов. Эффективным методом диагностики коррозионно опасных участков и взаимосвязанных с ними утечек из трубопроводов системы водоснабжения и канализации служит комплекс геоэлектрических методов, включающий вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), метод естественного электрического поля, измерения ТБТ [3].

Рассмотрим применение данного комплекса на участке вблизи корпуса № 1 ГГУ. На основе вертикального электрического зондирования была построена геоэлектрическая модель верхней части геологической среды. Верхний слой с высоким удельным электрическим сопротивлением (до 505 Ом·м) представляет собой техногенный грунт, мощностью 1–1,5 м. Ниже залегают моренные отложения представленные супесями (до 40 Ом·м). Крайняя справа точка ВЭЗ резко отличается от остального разреза. Здесь на глубине 1,5–3 м обнаруживается слой с низким сопротивлением. Снижение сопротивления вызвано, предположительно, утечкой из трубопровода, который находится в непосредственной близости. По данным съемки ЕП над трубопроводом зафиксирована положительная аномалия потенциала (амплитуда +12,0 мВ), которая может служить одним из признаков коррозионного повреждения. Наблюдения ТБТ выполнено в 10 точках, одна из которых находилась на расстоянии 20 м от точки ВЭЗ, зафиксировавшей аномально низкое сопротивление. Приемные линии MN располагались параллельно и перпендикулярно контактной сети троллейбусной линии, проходящие по улице Советской. В данной точке на MN обнаружены хаотичные колебания потенциала ЕП амплитудой до 25 мВ. На других точках, расположенных по улице Советская, наблюдались потенциалы ЕП – 30–40 мВ. На удалении более 100 м от контактной сети троллейбусной линии величина потенциала ЕП не превышала 10 мВ. Выявленные различия между участками, находящимися на разном расстоянии от троллейбусной линии, в величине и временной динамике потенциала

ЕП могут трактоваться как эффект влияния техногенных блуждающих токов. Аномалия низкого УЭС указывает на сильно обводненный участок вблизи трубопровода в коррозионно опасной зоне. Повышение влажности грунта здесь обусловлено не грунтовыми водами, которые расположены глубже 7 м и на геоэлектрическом разрезе не отражаются, а предположительно, утечкой из трубопровода системы водоснабжения и канализации.

Тепловое загрязнение – это разновидность физического загрязнения, выраженное в повышении температуры окружающей среды. Мощные техногенные источники тепла в случае их высокой концентрации на небольших территориях оказывают влияние на тепловой режим. Повышенная температура воздуха в городе – это форма теплового загрязнения, вызывающего тепловой дискомфорт, повышенное потребление энергии и ухудшающего здоровье населения. Повышение температурных параметров может угрожать здоровью людей. Особо опасно сочетание теплового загрязнения с волнами тепла. Волны тепла – это опасное климатическое явление, характеризующееся периодом аномально жаркой погоды, которая проявляется на определённой территории [1].

Для изучения теплового загрязнения в городском ландшафте, для выявления «горячих точек» широко используется дистанционное зондирование Земли в тепловом диапазоне. В качестве примера рассмотрим изучение теплового загрязнения территории города Гомеля на основе съёмки спутников семейства Landsat. Используются снимки, сделанные в летнее время. Тестовые участки: промышленная застройка; многоэтажная жилая застройка; малоэтажная сельский застройка; обрабатываемые земли; леса и лесопарки. Температура земной поверхности, определяемая с помощью сенсоров спутников Landsat, может служить индикатором теплового загрязнения. В промышленной зоне температура земной поверхности составляла 29,2–34,1 (в среднем – 32,1) °С; в пределах многоэтажной жилой застройки – 27,4–33,0 (30,3) °С; в пределах застройки сельского типа температура земной поверхности – 26,3–32,1 (28,5) °С; обрабатываемые земли – 22,7–32,1 °С. В лесных гео-системах – 20,0–27,9 °С. Разница в температурах между промышленной зоной и лесопарками составляла от 5,8 до 11,3 (среднее – 7,7) °С. Разница между многоэтажной и малоэтажной застройками составляла от 1,0 до 2,4 (среднее 1,9) °С.

Химическое загрязнение урболандшафтов. В урболандшафте находятся многочисленные источники химического загрязнения. Основной электромагнитный параметр, который используется при изучении химического загрязнения геологической среды, – удельное электрическое сопротивление (УЭС). Применение геоэлектрических методов основано на зависимости УЭС воды зависит от ее минерализации и состава растворенных веществ, а УЭС почв и грунтов – от минерализации воды в порах и глинистости. Техногенное загрязнение вызывает увеличение минерализации воды, засоление почв и грунтов, что отражается в снижении их УЭС [1, 4, 5, 6].

При изучении химического загрязнения геоэлектрическими методами решаются задачи: картирование и оценка загрязнения поверхностных вод (резистивиметрия); картирование и оценка загрязнения почв (резистивиметрия); картирование и оценка загрязнения грунтов зоны аэрации (вертикальное электрическое зондирование, электрическое профилирование); картирование и оценка загрязнения подземных вод (вертикальное электрическое зондирование, электрическое профилирование); определение глубины, направления, скорости движения фронта загрязнения в геологической среде (комплекс методов – вертикальное электрическое зондирование, электрическое профилирование, резистивиметрия, метод естественного электрического поля); изучении защищенности подземных вод от воздействия поверхностных источников загрязнения комплекс методов – вертикальное электрическое зондирование, электрическое профилирование, резистивиметрия, метод естественного электрического поля).

Резистивиметрия поверхностных вод позволяет определить фоновые значения минерализации в водоемах различного типа, выявить водоемы с аномально высокой минерализацией, которые могут быть источниками загрязнения грунтовых вод (при инфильтрации)

или, наоборот, образовываться при разгрузки загрязненных подземных вод. Резистивметрия почв (почвогрунтов) является оперативным и малозатратным экспресс-методом диагностики их засоления.

Метод каппаметрии основан на измерении магнитной восприимчивости (т. е. способности намагничиваться) почв и грунтов, величина которой положительно коррелирует с содержанием тяжелых металлов. Магнитная восприимчивость зависит от концентрации ферромагнитных компонентов (ферромагнетиков). К ферромагнетикам относятся: минералы – магнетит, титаномагнетит, пирротин; металлы – железо, кобальт, никель. Для измерения магнитной восприимчивости в полевых условиях используются специальные приборы – каппаметры. Глубинность исследования – несколько см. Каппаметрия может служить экспресс-методом приближенной оценки уровня загрязнения почв соединениями железа и тяжелыми металлами [1].

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № X25УЗБ-079).

Список литературы

1. Гусев, А. П. Техническая и экологическая геофизика. Часть 2. Экологическая геофизика / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – 81 с.
2. Окраинская, И. С. Электромагнитные поля и излучения: учебное пособие / И. С. Окраинская. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 105 с.
3. Гусев, А. П. Техническая и экологическая геофизика. Часть 1. Техническая геофизика / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – 82 с.
4. Гусев, А. П. Комплексирование геоэлектрических методов и дистанционного зондирования Земли при оценке состояния окружающей среды в зоне влияния экологически опасных объектов / А. П. Гусев // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. – 2024. – Vol. 335. – No. 10. – P. 134–145.
5. Гусев, А. П. Геоэлектрические методы при изучении техногенного загрязнения геологической среды городов / А. П. Гусев // Літасфера. – 2024. – № 2. – С. 55–62.
6. Гусев, А. П. Техническая и экологическая геофизика. Часть 2. Экологическая геофизика / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – 82 с.
7. Оценка засоления почв и грунтовых вод методами электрического сопротивления. – Астрахань : Астраханский университет, 2013. – 71 с.

УДК 504.5+550.3

А. П. Гусев, Т. Г. Флерко

АЭРОЗОЛЬНЫЙ ИНДЕКС КАК ИНДИКАТОР ВЛИЯНИЯ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ

*УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь,
andi_gusev@mail.ru*

Пыльные бури – мощный источник трансграничного воздействия на состояние атмосферного воздуха. Рассмотрено применение комической съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI для мониторинга трансграничного воздействия пыльных бурь на состояния атмосферы Беларуси. На примере весны 2024 г. показаны пространственно-временные колебания аэрозольного индекса на территории Беларуси. Трансграничное воздействие североафриканской пыльной бури выразилось в резком увеличении содержания аэрозоля (по аэрозольному индексу) и риска загрязнения атмосферы в целом.