

А. П. ГУСЕВ, Е. И. КУЛЫБА, А. В. РУДАЯ

## ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

*УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,  
г. Гомель, Республика Беларусь,  
gusev@gsu.by*

*В работе рассмотрены примеры использования геоэлектрических методов при оценке загрязнения поверхностных вод, почв, грунтов зоны аэрации и подземных вод. Для изучения загрязнения поверхностных вод и почв используется метод резистивиметрии. Оценка загрязнения зоны аэрации и подземных вод проводится с помощью вертикального электрического зондирования, на основе которого создается геоэлектрическая модель геологической среды.*

*Ключевые слова: геоэлектрические методы, резистивиметрия, вертикальное электрическое зондирование, химическое загрязнение.*

Целью наших исследований являлось изучение химического загрязнения компонентов техногенных ландшафтов с помощью геоэлектрических методов, основанных на измерениях электрического сопротивления. Удельное электрическое сопротивление (УЭС или  $\rho$ ) является важнейшим показателем среды, характеризующим ее способность пропускать электрический ток при возникновении электрического поля (измеряется в Ом·м). Удельное электрическое сопротивление обратно пропорционально удельной электрической проводимости ( $\rho = 1/\sigma$ ). Применение геоэлектрических методов (электро-разведки) при оценке и картографировании химического загрязнения компонентов природных и техногенных ландшафтов основано на взаимосвязи между их электрическим сопротивлением и засолением, т.е. содержанием солей. Удельное электрическое сопротивление воды зависит от ее минерализации и состава растворенных веществ, а электрическое сопротивление рыхлых грунтов – от минерализации воды в порах и глинистости.

Для оценки химического загрязнения используются следующие геоэлектрические методы: резистивиметрия; электрическое профилирование; электрические вертикальные зондирование. Резистивиметрия – это определение минерализации воды или засоления почв по измеренному удельному электрическому сопротивлению. В ходе наших исследований для определения минерализации вод использован портативный резистивиметр, измеряющий удельную электрическую проводимость (в См/см) и соответствующую ей минерализацию воды (в мг/дм<sup>3</sup>). Для оценки загрязнения почв и грунтов использован портативный резистивиметр (Soil EC-meter), измеряющий проводимость в См/см. Для удобства сопоставления с данными других геоэлектрических исследований значения удельной электрической проводимости переводились в значения удельного электрического сопротивления (в Ом·м). Измерение электрического сопротивления почв может проводиться как непосредственно в поле (на разных глубинах, в том числе в шурфах), так и в лабораторных условиях. Для лабораторных исследований отбираются пробы почв и грунтов. Из проб почв и грунтов изготавливаются водные вытяжки и пасты. В полевых условиях может быть использован метод определения электрического сопротивления по горизонтам почвенного профиля, вскрытом в шурфе. Метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) основан на использовании установки, состоящей из 2 питающих и 2 приемных электродов, с помощью которой измеряется сила тока ( $I_{AB}$ ) в питающей линии и разность электрических потенциалов на приемных электродах ( $\Delta U_{MN}$ ). По результатам измерений

можно судить об электрических свойствах геологической среды на глубинах проникновения тока. Глубина проникновения тока в геологическую среду зависит от расстояния между питающими электродами. Для выполнения зондирования производят серию измерений, постепенно увеличивая размер питающей линии АВ. Результаты измерений представляют в виде графика зависимости от  $r_k$  (в Ом·м) разноса АВ (в метрах). Такой график называется кривой зондирования (кривой ВЭЗ). Для интерпретации данных ВЭЗ используется специализированное программное обеспечение – IPI2Win.

**Склад серы.** Рассмотрим пример использования резистивиметрии для изучения загрязнения поверхностных вод и почв в зоне влияния экологически опасного объекта. Источник загрязнения – склад серы, находящийся на промышленной площадке крупного предприятия по производству минеральных удобрений. Для изучения загрязнения почв проводилась резистивиметрия поверхностных вод и почв по 2 профилям: 1 профиль – территория, непосредственно примыкающая к промышленной площадке предприятия (в центре профиля – зона влияния, лишенная растительного покрова); 2 профиль – территории, отделенная от зоны влияния насыпью железной дороги (фоновая экосистема). На 2 профиле сопротивление почв составляет 100-1000 Ом·м (что соответствует песчаными почвам в условиях низкой влажности). В зоне влияния предприятия сопротивление почв, как правило, ниже 100 Ом·м. Вблизи склада серы почвы характеризуются очень низким сопротивлением (менее 10 Ом·м). На 2 профиле минерализация поверхностных вод составляла 140-967 мг/дм<sup>3</sup> (среднее значение – 486,6 мг/дм<sup>3</sup>). Наибольшие значения (более 700 мг/дм<sup>3</sup>) имели место напротив источника загрязнения. На других участках профиля – менее 300 мг/дм<sup>3</sup> (удельное электрическое сопротивление 17,1-34,5 Ом·м). Данный факт указывает на то, что здесь загрязнение в поверхностных водах от источника проникло за железнодорожную насыпь. На 1 профиле в лужах вблизи источника минерализация составляла 4,7-10,0 г/дм<sup>3</sup> (среднее значение – 6,7 г/дм<sup>3</sup>), что соответствует электрическому сопротивлению менее 1 Ом·м. Таким образом, резистивиметрия поверхностных вод подтвердила выводы по результатам изучения электрического сопротивления почв. Аномалии крайне низкого сопротивления вод и почв пространственно совпадают и приурочены к зоне влияния склада серы.

**Автомобильные дороги.** Широко распространенной в техногенных ландшафтах проблемой является засоление почв и грунтов при использовании песчано-солевых смесей в зимний период для борьбы с гололедом. Песчано-солевая смесь (пескосоль) представляет собой смесь технической соли (хлористый натрий) и песка в различных пропорциях (доля соли составляет до 10-30%). Пескосоль активно используется на автомобильных дорогах, пешеходных частях улиц, площадях. Эта смесь быстро плавит лед и улучшает коэффициент сцепления. После таяния снега солевая часть может задерживаться в почвах (техноземах, урбоземах), близлежащих к полотну дороги участках. Для оценки засоления почвогрунтов вдоль дорог также может применяться резистивиметрия. Были проложены 3 профиля (по 6 точек в каждом), перпендикулярных автомобильной дороге (участок Речицкого шоссе). Расстояния между точками 5 м. Определялось сопротивление почв на глубине 5 см. По всем трем профилям прослеживается закономерное изменение величины электрического сопротивления почв. Вблизи дороги (расстояние 5 м) сопротивление составляло 16-50 (среднее значение – 30,3) Ом·м. По мере удаления от дороги сопротивление резко увеличивалось до 1000-5000 (среднее значение 1990,0) Ом·м (в лесном массиве). Уже на расстоянии 15 м от дороги сопротивление увеличилось в 15-34 раза. Этот эффект объясняется накоплением солей в прилегающей к дороге полосе, ширина которой составляет до 10 м.

**Коллектор ливневой канализации.** В ходе локального мониторинга подземных вод в зоне влияния Гомельского химического завода были выявлены аномальные изменения химического состава подземных вод, которые наиболее сильно проявились в подморенной водоносном горизонте. Зафиксирован рост содержания сульфат-иона и сухого

остатка в водах подморенного горизонта. Указанные колебания имеют техногенный характер, однако, источник загрязнения неизвестен. Участок скважины находится в пределах промышленной зоны, в окружении целого ряда предприятий, деятельность которых потенциально может вызвать загрязнение подземных вод. Методом ВЭЗ была изучена верхняя часть геологической среды (до глубины, соответствующей разностям питающей линии АВ=100-150 м, т.е. до 25-35 м). Для значительной части территории характерна трехслойная кривая типа Q ( $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ ). На участке южнее 200 м наблюдательной скважины получена кривая типа QH ( $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 < \rho_4$ ). Обнаружено, что в интервале 12-22 м находится слой с аномально низким сопротивлением (1,4 Ом·м). Низкое сопротивление обусловлено повышенной минерализацией подземных вод в подморенном водоносном горизонте. При условии песчано-супесчаного состава водонасыщенных пород сопротивление 1-2 Ом·м соответствует минерализации 1-5 г/мд<sup>3</sup> (в зависимости от пористости, глинистости и температуры). На основе проведенных исследований показано, что потенциальный источник загрязнения находится на глубине 10-20 м и характеризуется ареалом, вытянутым вдоль Объездной улицы. Причиной загрязнения могут являться утечки из подземного коллектора ливневой канализации (проходит вдоль проезжей части Объездной улицы). На основе анализа выполненных исследований разработана схема модель распространения загрязнения в зоне влияния потенциального источника – коллектора ливневой канализации.

**Полигон твердых коммунальных отходов.** В зоне влияния полигона твердых коммунальных отходов геоэлектрическими методами определены ареал загрязнения почв и подтопления территории грунтовыми водами. Установлено, что кажущееся электрическое сопротивление на эффективной глубине, соответствующей разностям питающих линий АВ=10 м и АВ=30 м, по градиенту подтопления изменяется от первых сотен Ом·м в фоновой геосистеме до первых десятков Ом·м в зоне максимальной трансформации. При этом минерализация поверхностных вод по градиенту подтопления изменяется в 6,2 раза; электрическое сопротивление почв по градиенту подтопления снижается в 226 раз; в зоне ТМ-1 оно находится в пределах 7,7-10,9 Ом·м.

A. P. GUSEV, E. I. KULYBA, A. V. RUDAYA

## GEOELECTRIC METHODS IN ASSESSING POLLUTION OF TECHNOGENIC LANDSCAPE COMPONENTS

*Francisk Skorina Gomel State University,  
Gomel, Republic of Belarus,  
gusev@gsu.by*

*The paper discusses examples of the use of geoelectric methods in assessing contamination of surface waters, soils, aeration zone soils and groundwater. To study contamination of surface waters and soils, the resistivity method is used. The assessment of contamination of the aeration zone and groundwater is carried out using vertical electrical sounding, on the basis of which a geoelectric model of the geological environment is created.*

*Key words: geoelectric methods, resistivity measurements, vertical electrical sounding, chemical pollution.*