

Е. И. КУЛЫБА

**ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ**

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

Работа посвящена изучению техногенного загрязнения подземными вод методами электроразведки. На примере промышленной зоны рассмотрены методические аспекты выявления источника загрязнения напорных подземных вод с помощью комплекса методов электроразведки. На основе анализа геоэлектрического разреза определены параметры зоны загрязнения. Разработана модель вероятного загрязнения напорных вод.

Ключевые слова: подземные воды, химическое загрязнение, электроразведка.

Электроразведка – это надежный способ выявления и картирования загрязнения подземных вод в зонах влияния химического производства, разработки месторождений полезных ископаемых, складирования химических и бытовых отходов [1–5]. Цель работы – оценка химического загрязнения подземных вод на основе использования комплекса методов электроразведки (съемка потенциала естественного электрического поля, резистивиметрия поверхностных вод и почвогрунтов, электрическое профилирование и вертикальное электрическое зондирование методом сопротивлений). Предлагаемый электроразведочный комплекс позволяет быстро и эффективно оценить загрязнение подземных вод в верхней части геологической среды, определить направление движения загрязнения от источника, площадь и глубину загрязнения.

Исследования проводились на территории юго-востока Беларуси (промышленная зона города Гомеля). Строение геологической среды участка: верхняя часть разреза представлена техногенными грунтами (0,2–0,5 м), под которыми залегают водноледниковые отложения днепровского подгоризонта (песок серовато-желтый, мелкозернистый), имеющие мощность 2–3 м. Ниже залегают моренные отложения днепровского подгоризонта (супесь серая, красно-бурая, пластичная с включениями гравия и гальки 5–20%). Мощность морены – до 8 м. С глубины 9–10 м залегают нерасчлененные водноледниковые отложения среднеледникового возраста, представленные песками (от мелких до крупных). Мощность слоя составляет 8–8,5 м. С 18–20 м представлены отложения харьковского горизонта палеогена (алежит глауконитовый, зеленовато-серый). Гидрогеологическое строение участка характеризуется наличием безнапорного грунтового водоносного горизонта, напорного подморенного водоносного горизонта и напорного палеогенового водоносного горизонта. Уровень грунтовых вод залегает на глубине 2–3 м. Подморенный водоносный горизонт – в интервале 15–18 м. Палеогеновый водоносный горизонт – в интервале 20–23 м. Для локального мониторинга подземных вод для каждого водоносного горизонта оборудованы наблюдательные скважины. Наблюдения за химическим составом подземных вод проводится с конца 1990-х гг.

Методика полевых работ: съемка методом потенциала естественного электрического поля (ЕП), шаг между точками наблюдения 10 м; вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) методом сопротивлений; электрическое профилирование методом сопротивлений ($AB = 60$ и $AB = 80$ м); резистивиметрия поверхностных вод (в лужах и канавах) и почвогрунтов. Для ВЭЗ и электрического профилирования использовалась установка Шлюмберже. Для геоэлектрических работ применялась электроразведочная аппаратура ERA-MAX. Для съемки методом ЕП использованы неполяризующиеся электроды

системы ВИРГ. Для определения минерализации вод и сопротивления почв использованы портативные резистивиметры. Интерпретации кривых ВЭЗ проводилась с помощью программы IPI2Win. Интерполяции и построение карт потенциала ЕП и кажущегося сопротивления в изолиниях – в Golden Software Surfer.

В ходе локального мониторинга подземных вод на изучаемом участке выявил аномальные изменения химического состава подземных вод, которые наиболее сильно проявились в подморенной водоносном горизонте. Зафиксирован быстрый рост содержания сульфат-иона и сухого остатка в водах подморенного горизонта. Данные изменения имеют техногенный характер, однако, источник загрязнения неизвестен. Участок находится в пределах промышленной зоны, в окружении целого ряда предприятий, деятельность которых потенциально может вызвать загрязнение подземных вод.

Для выяснения условий инфильтрации и разгрузки подземных вод на участки была выполнена съемка естественного электрического поля способом потенциала. Отрицательные значения потенциала ЕП указывают на нисходящее движение вод (инфильтрация с поверхности в грунтовые воды); положительные значения потенциала ЕП – на восходящее движение грунтовых вод (разгрузка). Установлено, что на участке мониторинговой скважины может происходить инфильтрация с поверхности в грунтовые воды. Методом ВЭЗ была изучена верхняя часть геологической среды (до глубины 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 ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 < \rho_4$). В интервале 12-22 м обнаружен слой аномально низким сопротивлением (1,4 Ом·м). Такое низкое сопротивление может быть обусловлено повышенной минерализацией подземных вод (подморенный водоносный горизонт). При условии песчано-супесчаного состава водонасыщенных пород сопротивление 1–2 Ом·м соответствует минерализации 1–5 г/дм³ (в зависимости от пористости, глинистости и температуры).

Для уточнения пространственного распространения зоны аномально низкого сопротивления были проведены электрические профилирования методом сопротивлений на разносах АВ = 60 м и АВ = 80 м. Выявлен ареал низкого кажущегося сопротивления (менее 20 Ом·м), который протягивается по всему восточному краю планшета (т.е. вдоль Обьездной улицы). Полученные отличия кажущегося сопротивления достаточно уверенно позволяют выделить указанную аномалию на фоне всего участка.

Установлено также, что на участке скважины минерализация поверхностных вод не превышала 1 г/дм³, в почвогрунты в пределах участка также имели сравнительно высокое сопротивление (200–1000 Ом·м). Причиной повышения минерализации в интервале глубин, соответствующих подморенному водоносному горизонту, не может быть влияние поверхностного источника.

На основе проведенных исследований установлено, что потенциальный источник загрязнения находится на глубине и характеризуется ареалом, вытянутым вдоль Обьездной улицы. Причиной загрязнения могут являться утечки из подземного коллектора ливневой канализации (проходит вдоль проезжей части Обьездной улицы). На основе анализа выполненных исследований разработана схема модель распространения загрязнения в зоне влияния потенциального источника – коллектора ливневой канализации.

Список литературы

1. Гусев, А. П. Комплексирование космической съемки и геоэлектрических методов при диагностике химического загрязнения геологической среды / А. П. Гусев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2023. – № 3. – С. 133–140.
2. Гусев, А. П. Техническая и экологическая геофизика. Часть 2. Экологическая геофизика / А. П. Гусев. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – 81 с.
3. Огильви А. А. Основы инженерной геофизики / А. А. Огильви. – М.: Недра, 1990. – 501 с.

4. Оленченко, В. В. Применение электроразведочных методов при исследовании техногенных тел (складированных отходов горнорудной промышленности). Обзор / В. В. Оленченко, С. Б. Бортникова, А. Ю. Девятова // Геофизические технологии. – 2022. – № 4. – С. 23–40.

5. Федорова О.И. Геоэлектрический мониторинг при инженерно-экологических исследованиях в районе накопителей промстоков / О. И. Федорова, А. Ф. Шестаков // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 12. – С. 51–56.

E. I. KULYBA

**ASSESSMENT OF GROUNDWATER CHEMICAL POLLUTION
BY ELECTRICAL PROSPECTING METHODS**

*Francisk Skorina Gomel State University,
Gomel, Republic of Belarus,
andi_gusev@mail.ru*

The work is devoted to study technogenic pollution of groundwater using electrical exploration methods. Using the example of an industrial zone, methodological aspects of identifying the source of pollution of pressure groundwater using a set of electrical exploration methods are considered. Based on the analysis of the geoelectric section, the parameters of the pollution zone are determined. A model of probable contamination of pressure waters has been developed.

Key words: groundwater, chemical contamination, electrical exploration.