

Е. И. КУЛЫБА, А. П. ГУСЕВ

ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КОМПЛЕКСОМ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

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

Представляемая работа посвящена оценке химического загрязнения подземных вод на основе использования комплекса электроразведочных методов. Апробирован комплекс, включающий съемку потенциала естественного электрического поля, резистивиметрию поверхностных вод и почвогрунтов, электрическое профилирование и вертикальное электрическое зондирование методом сопротивлений.

Цель работы – выявление источника загрязнения подземных вод в зоне влияния экологически опасных объектов. Решаемые задачи: определение зон инфильтрации и разгрузки подземных вод; выявление очагов аномально низкого электрического сопротивления; оценка загрязнения подземных вод и определение наиболее вероятных источников загрязнения.

Район и методика. Участок находится в зоне влияния промышленной зоны города Гомеля (Гомельский химический завод, Гомельский радиозавод, мусороперерабатывающий завод, асфальтовый завод. Методика полевых работ включала: съемку методом потенциала естественного электрического поля (ЕЭП) с шагом между точками наблюдения 10 м; вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) методом сопротивлений на постоянном токе (размеры питающих линий АВ от 3 до 300 м, приемных линий MN – от 1 до 20 м, установка Шлюмберже); электрическое профилирование методом сопротивлений на разносах АВ=60 и 80 м (установка Шлюмберже); резистивиметрию почвогрунтов и поверхностных вод (в лужах и канавах). Для геоэлектрических работ применялась электроразведочная аппаратура ERA-MAX. Для съемки методом ЕЭП использованы неполяризующиеся электроды системы ВИРГ.

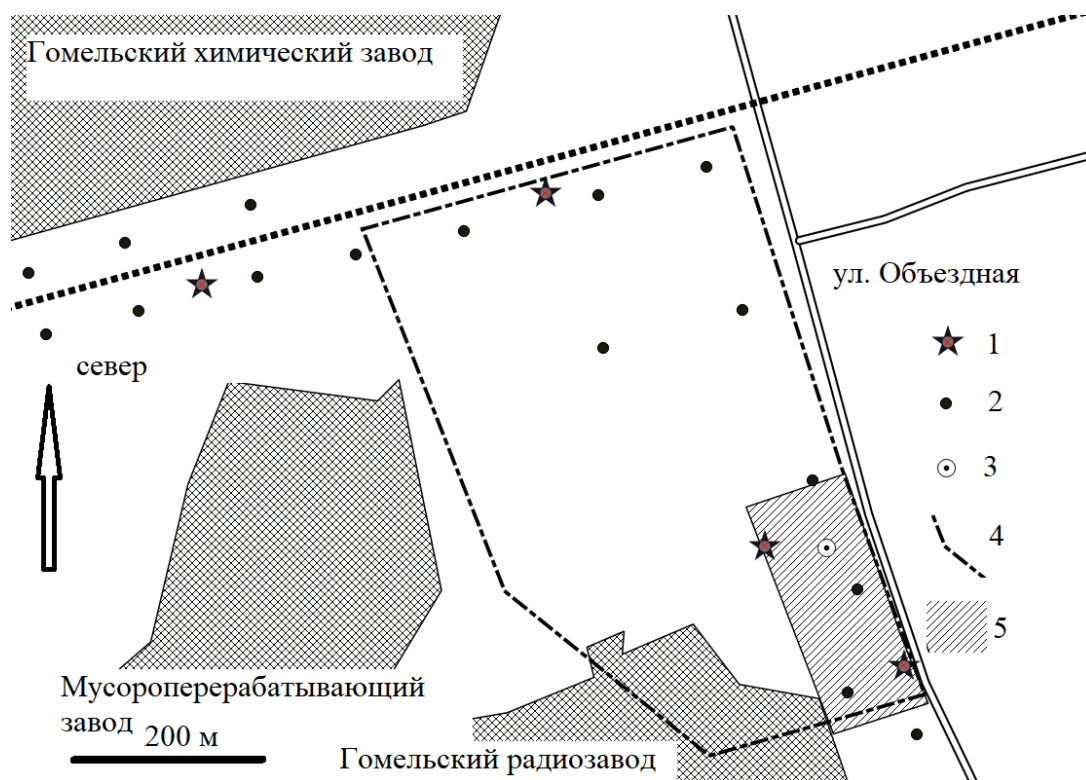
Для резистивиметрии – портативные резистивиметры, измеряющий удельную электрическую проводимость. Интерпретации данных ВЭЗ проводилась в *IP12Win*. Интерполяция и построение карт в изолиниях – *Golden Software Surfer*.

Проблема. Многолетний локальный мониторинг подземных вод на изучаемом участке выявил аномальные изменения химического состава подземных вод, которые наиболее сильно проявились в подморенном водоносном горизонте. Начиная с 2014 г. наблюдался медленный рост концентраций сульфат-иона и сухого остатка, который в 2020-е резко ускорился. Содержание сульфат-иона выросло в 9 раз, а сухого остатка в 5 раз по сравнению с 2005–2015 гг.

Указанные изменения имеют явно техногенный характер, однако, источник загрязнения неизвестен – скважина находится в пределах промышленной зоны, в окружении целого ряда предприятий, деятельность которых потенциально может вызвать загрязнение подземных вод. При этом загрязняющие вещества могут проникать в водоносные горизонты: при инфильтрации загрязненных поверхностных вод непосредственно вблизи наблюдательной скважины; при латеральном распространении по водоносным горизонтам от удаленного источника; при вертикальных перетоках от загрязненного водоносного горизонта; при миграции от близко расположенного подземного источника. Для выяснения источника загрязнения был использован комплекс электроразведки (рисунок 1).

На основе съемки потенциала ЕЭП выделены область с отрицательными значениями потенциала ЕЭП – от -20 до 0 мВ (зона инфильтрации), область с положительными значениями потенциала ЕЭП (зона разгрузки) – от 0 до +20 мВ, а также локальные высокоамплитудные аномалии ($\pm 50-60$ мВ) техногенной природы.

На основе ВЭЗ изучена верхняя часть разреза до глубины, до 25–35 м. Результаты 1D-инверсии данных показали, что западный участок характеризуется трехслойной кривой ВЭЗ типа Н ($\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$). Для значительной части участка характерна трехслойная кривая типа Q ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$). На участке южнее 200 м наблюдательной скважины получена кривая типа QH ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 < \rho_4$), существенно отличающаяся от всех рассмотренных выше. В верхней части разреза, как и в предыдущих случаях, находится слой высокого сопротивления 986,0 Ом \times м и до 1 м мощностью (сухие пески).



1 – точки ВЭЗ; 2 – точки резистивиметрии; 3 – скважина;
4 – планшет съемки методом ЕЭП; 5 – планшет электрического профилирования

Рисунок 1 – Участок исследований и схема работ (составлено авторами)

До глубины 12 м залегает слой с сопротивлением 63,6 Ом \times м (водноледниковые отложения, грунтовый водоносный горизонт и моренные отложения – не расчленяются по величине сопротивления). В интервале 12–22 м находится слой аномально низким сопротивлением (1,4 Ом \times м). Такое низкое сопротивление может быть обусловлено повышенной минерализацией подземных вод (подморенный водоносный горизонт).

Для уточнения пространственного распространения зоны аномально низкого сопротивления были проведены электрические профилирования, которые позволили установить пространственные неоднородности кажущегося сопротивления на глубинах 6–15 и 8–20 м. Обнаружено, что в направлении промышленной площадки Гомельского радиозавода кажущееся сопротивление возрастает до 40 Ом \times м и более (достигая 90–100 Ом \times м в северо-западном углу планшета). На разnose АВ=80 м область наиболее

низкого кажущегося сопротивления (менее 15 Ом×м) также находится на восточной окраине планшета и примерно совпадает с областью низкого сопротивления на глубинах, соответствующих разнесу АВ=60 м. Очень низкое (менее 10 Ом×м) кажущееся сопротивление установлено на участке аномальной точки ВЭЗ (подтверждая полученные зондированием результаты). На основе выполненного электрического профилирования сделан вывод, что область низкого сопротивления не ограничивается участком точки ВЭЗ, а протягивается по всему восточному краю планшета (т.е. вдоль Объездной улицы).

Для поисков возможных поверхностных источников загрязнения были выполнена резистивиметрия поверхностных вод и почвогрунтов (на глубине до 10 см), позволяющая оценивать их засоление [1, 2]. Аномалии высокой проводимости поверхностных вод, вызванные их загрязнением (минерализация 5–10 г/дм³, рН – ниже 3 единиц) были обнаружены только на территории отвалов фосфогипса Гомельского химического завода [3, 4]. Вблизи участка и непосредственно в его пределах минерализация поверхностных вод не превышала 1 г/дм³. Высокое сопротивление (200–1000 Ом×м) было характерно для почвогрунтов участка. Такие результаты исключают поверхностный источник загрязнения. Предлагается следующая схема распространения загрязнения (рисунок 2).

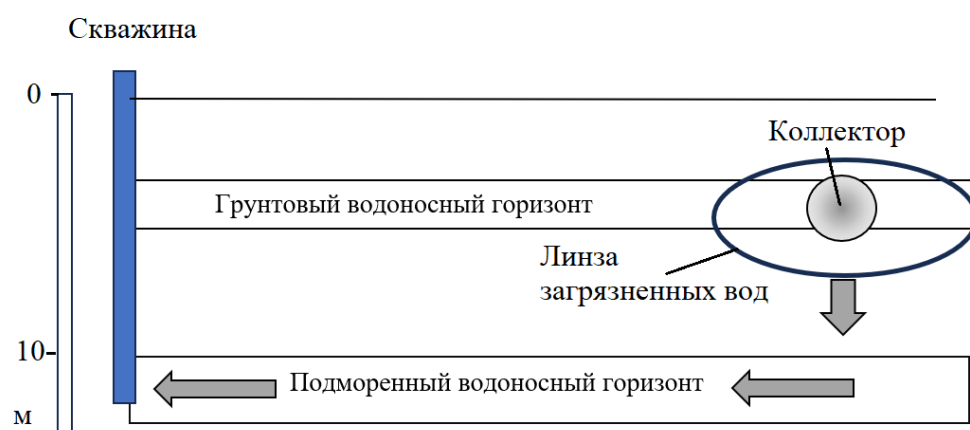


Рисунок 2 – Схема распространения загрязнения (составлено авторами)

На основе анализа результатов электроразведки видно, что вероятный источник загрязнения находится на глубине и имеет ареалом, вытянутым вдоль Объездной улицы. По нашей гипотетическому предположению причиной установленного загрязнения подморенного водоносного горизонта являются утечки из подземного коллектора ливневой канализации, который протягивается вдоль Объездной улицы.

Список литературы

1. Оценка засоления почв и грунтовых вод методами электрического сопротивления: учебное пособие. – Астрахань: Астраханский университет, 2013. – 71 с.
2. Огильви, А.А. Основы инженерной геофизики / А.А. Огильви. – М.: Недра, 1990. – 501 с.
3. 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.
4. Гусев, А.П. Комплексирование фитоиндикации и геоэлектрического метода для оценки загрязнения геологической среды / А.П. Гусев // Вектор ГеоНаук. – 2022. – Т.5. – №1. – С. 74–82.