

УДК 504.5+550.3

А. П. ГУСЕВ

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

E-mail: andi_gusev@mail.ru

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ НОГОЗОНАЛЬНОЙ СЪЕМКИ И НАЗЕМНЫХ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Сложное строение геологической среды обуславливает необходимость комплексирования космических и наземных методов, позволяющих изучать ее различные свойства и, соответственно, давать более полную информацию.

Таблица – Формулы расчета спектральных индексов

Индекс	Формула для расчета на основе каналов спутников Sentinel-2
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$(B08 - B04) / (B08 + B04)$
NBR (Normalized Burn Ratio)	$(B08 - B12) / (B08 + B12)$
SWVI (Short Wave Vegetation Index)	$(B08 - B11) / (B08 + B11)$
Iron Oxide Index	$B04 / B02$
Acid Mine Water Index	$(B04 - B02) / (B04 + B02)$

Для проведения геоэлектрических работ использована электроразведочная аппаратура ERA-MAX. Для съемки методом естественного электрического поля применены неполяризующиеся электроды системы ВИРГ. Интерпретации данных ВЭЗ проводилась с помощью программы IPI2Win. Для резистивиметрии использован портативный резистивиметр, позволяющий определять удельную электрическую проводимость и соответствующую ей минерализацию воды (в мг/дм³).

Рассмотрим примеры использования комплекса методов для оценки состояния геологической среды в зоне влияния экологически опасных объектов.

Полигон отвалов фосфогипса. В зоне влияния отвалов в период увеличения поверхностного стока имеет место подтопление луговых и кустарниковых геосистем. На основе космической съемки по степени воздействия загрязненными водами на луговые геосистемы выделены три зоны: фоновая луговая геосистема (загрязнение вод и почв отсутствует); ТМ-2 – зона среднего загрязнения (периодически подтапливаемый загрязненными водам луг); ТМ-1 – зона сильного загрязнения – водоем-

приемник стока с отвалов и его окрестности. Выделенные зоны достаточно четко отличаются друг от друга по величине вегетационных индексов. Так, в зоне сильного загрязнения средние значения NDVI в 1,9 раза ниже, чем в фоновой луговой геосистеме. Соответственно средние значения NBR – в 1,85 раза, SWVI – в 9,5 раза ниже.

Электропрофилирование показало, что кажущееся электрическое сопротивление на всех изучаемых глубинах закономерно снижается от фоновой геосистемы к ее техногенным модификациям. Минимальные значения кажущегося сопротивления отмечаются в зоне ТМ-1 (менее 20 ом·м на разносах АВ 1,5 и 10 м и менее 30 ом·м на разносе АВ = 30 м). Наиболее значительное снижение кажущегося сопротивления наблюдаются в приповерхностном слое (АВ = 1,5 м) – в 36,2 раза. В интервале глубин, соответствующем разносу АВ = 10 м (1–2,5 м), кажущееся сопротивление снижается в восемь раз. По результатам ВЭЗ установлено, что в зоне ТМ-1 вся зона аэрации и грунтовый водоносный горизонт (на глубину до 20 м) имеют высокий уровень загрязнения, что отражается в низком удельном электрическом сопротивлении. В зоне ТМ-2 загрязнение фиксируется на глубине до 5 м. При этом самый верхний слой (почвогрунты) загрязнен в меньшей степени, чем в зоне ТМ-1. Геологическая среда (в пределах изучаемых глубин) в фоновой геосистеме характеризуется относительно высокими значениями удельного электрического сопротивления (более 100 ом·м).

Разрез кажущегося электрического сопротивления (псевдоразрез) и результаты его интерпретации в виде геоэлектрического разреза показаны на рисунке.

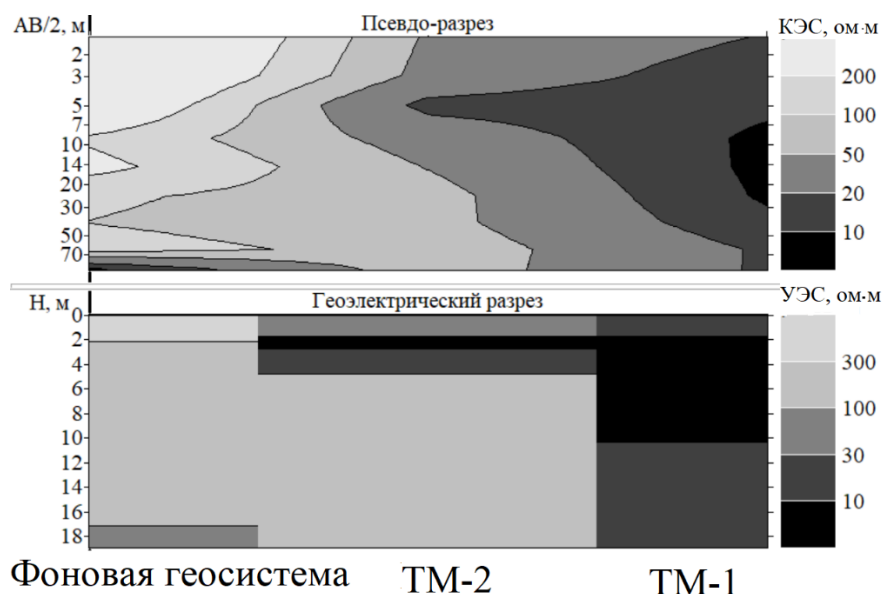


Рисунок – Геоэлектрическая модель геологической среды в зоне влияния отвалов фосфогипса

Склад серы. Под воздействием загрязнения в окружающем ландшафте сформированы техногенные модификации исходной геосистемы, выделенные по данным космической съемки: ТМ-2 – участок с мозаичным тростниково-березовым фитоценозом; ТМ-1 – участок, полностью лишенный растительного покрова. Установлено, что наиболее низкие значения вегетационных индексов приурочены к зоне ТМ-1. По сравнению с фоновой геосистемой значение NDVI здесь снижается в 2–2,3 раза, значение NBR – 2,3–3,2 раза, а значение SWVI – в десятки раз. В зоне ТМ-2 по сравнению с фоновой геосистемой значение NDVI снижается в 1,3 раза, значение NBR – в 1,7 раза, значение SWVI – в 4,3–8 раз. Химическое загрязнение фиксируется в водах луж и каналов: по данным резистивиметрии в зоне ТМ-1 минерализация вод превышает 10 г/дм³ (удельное электрическое сопротивление – менее 1 ом·м). В зоне ТМ-2 минерализация поверхностных вод снижается до 0,5–1,5 г/дм³.

По данным изучения потенциала естественного электрического поля нами установлено, что зона ТМ-1 характеризуется положительными значениями потенциала (т. е. здесь происходит разгрузка грунтовых вод), а остальная часть территории – отрицательными (инфильтрация поверхностных вод в грунтовый горизонт). Исходя из этого, можно предположить, что загрязняющие вещества с земной поверхности мигрируют в грунтовые воды, которые затем разгружаются в зоне ТМ-1, вызывая засоление поверхностных почвогрунтов и гибель растительности.

Для выяснения распространения загрязнения в глубины были выполнены ВЭЗ, по которым установлены существенные изменения в геоэлектрических характеристиках разреза геологической среды. Анализ результатов ВЭЗ показал, что на участке ТМ-1 загрязнение охватывает всю зону аэрации, грунтовый и подморенный водоносные горизонты (до глубины 20 м). На участке ТМ-2 загрязнение фиксируется только в грунтовом водоносном горизонте.

Полигон твердых коммунальных отходов. По данным космической съемки определена зона деградации лесной растительности, вызванной техногенным подтоплением. Установлено, что в зоне подтопления величина NDVI снижается с 0,6–0,7 до 0,5, величина SWVI – с 0,37–0,41 до 0,23–0,33. По результатам электрического профилирования на разносах АВ = 30 м обнаружено снижение кажущегося электрического сопротивления по мере приближения к зоне подтопления, указывающее на уменьшение глубины залегания уровня грунтовых вод и рост обводненности зоны аэрации. Сопряженные изменения вегетационных индексов и кажущегося электрического сопротивления зоны аэрации свидетельствуют о процессе подтопления как ведущей причине деградации древесного яруса.