

**Д.А.ГАПОНОВ, аспирант, protobull@yandex.ru**  
*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

**D.A.GAPONOV, post-graduate student, protobull@yandex.ru**  
*Southern Federal University, Rostov-on-Don*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПРЕСС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ТЕРРИТОРИЯХ РАЗМЕЩЕНИЯ БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Приведены результаты геофизических исследований электропотенциальным томографическим зондированием, методом естественного электрического поля и магнитометрией. Объектами наблюдений являлись свалка, полигон твердых отходов производства в г. Ростове-на-Дону и шламонакопитель в Таганроге. Комплексная интерпретация полученных данных позволила определить наличие фильтрационных процессов и уточнить плановое положение зон фильтрации, выявить места локализации металлсодержащих отходов. Результаты исследований позволяют сделать вывод об эффективности выбранного комплекса геофизических технологий при оценке опасности и риска изученных объектов для окружающей среды. Предложены инженерные решения по снижению влияния данных техногенных образований на экосистемы.

**Ключевые слова:** свалка, полигон твердых отходов производства и потребления, шламонакопитель, электропотенциальное томографическое зондирование, метод естественного электрического поля, магнитометрия.

## APPLICATION OF OPTIMAL COMPLEX OF GEOPHYSICAL EXPRESS-TECHNOLOGIES IN SOLUTION OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS AT THE TERRITORIES OF INDUSTRIAL AND DOMESTIC WASTES STORAGE

We present the results of geophysical investigations, namely electro-potential tomography sounding, self-potential method and ground magnetic surveys. Dump, storage site of industrial and domestic wastes in Rostov-on-Don and slurry water storage site in Taganrog are the objects of our investigations. The integrated interpretation of the data obtained has permitted to estimate the infiltration processes, to specify the layout of infiltration zones and to reveal the location of metallic wastes. The results of the investigations have allowed to justify the effectiveness of the set of geophysical methods for estimation of environmental hazards of the objects under investigation. The engineering solutions for diminishing the effect of the considered technogenic objects on ecosystems have been proposed.

**Key words:** dump, storage site of industrial and domestic wastes, slurry water site, electro-potential tomography drilling, self-potential method, ground magnetic surveys.

Объектами проведения экогеофизических наблюдений являлись несанкционированная свалка в Ворошиловском районе (далее свалка) и два участка полигона твердых

отходов производства и потребления в Северо-Западной промзоне (далее полигон ТОПП) в Ростове-на-Дону и шламонакопитель ОАО «ТАГМЕТ» в Таганроге (см. таблицу).

### Краткая характеристика объектов исследования

Параметры объекта	Свалка	Полигон ТОПП		Шламонакопитель
		Участок 1	Участок 2	
Период эксплуатации	С 1981 г.	1993-1999	1999-2007	С 1961 г.
Площадь, га	24	9,6	20	6,1
Мощность техногенной толщи, м	3-18	20	30	8,5
Превышение над уровнем дневной поверхности, м	3-10	7-11	15-18	20 и более*

\* Высота шлакоотвала над уровнем воды в Таганрогском заливе.

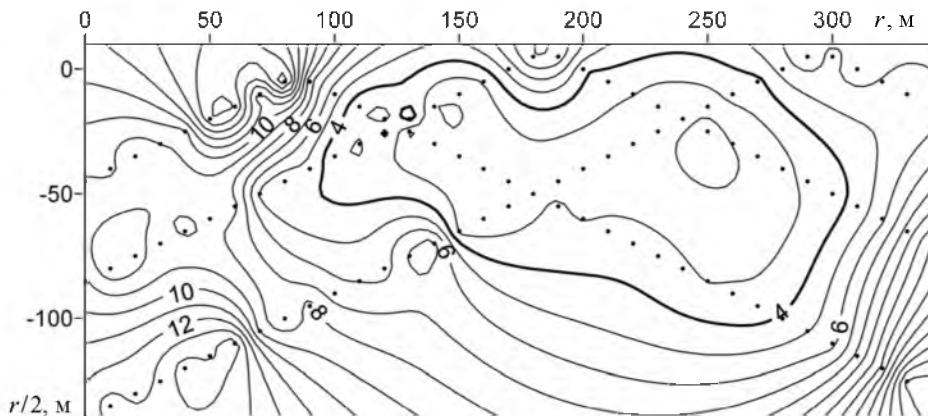


Рис.1. Псевдоразрез кажущихся сопротивлений  $\rho_k$  (в ом-метрах) на полигоне.  
Жирной линией показана область локализации фильтрата

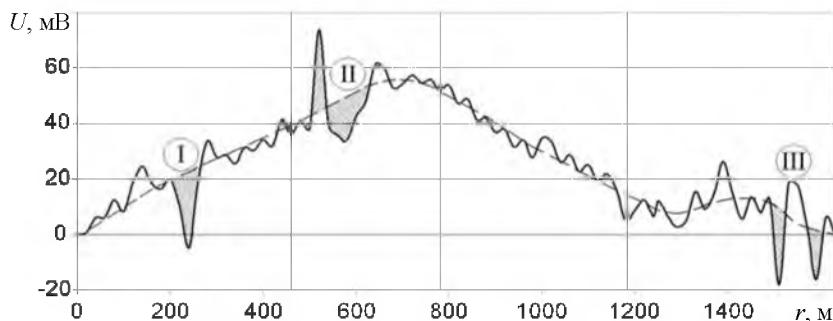


Рис.2. График потенциала естественного электрического поля на свалке  
I-III – аномальные зоны

Свалка расположена в пойме правого берега балки Камышевахи – восточного притока реки Темерник. Пойма шириной от 20 до 140 м врезана в неогеновое плато, высота коренного берега над ней 10-20 м. Непосредственно с северо-западной и юго-восточной сторон свалки находятся садово-водческие товарищества; с южной стороны протекает водный канал, соединяющий Ростовское море с каскадом Северного водо-

хранилища. Свалка образовалась на месте отработанных карьеров по добыче известняка-ракушечника глубиной до 10 м. В 1985 г. территория была частично рекультивирована, но поступление отходов продолжается.

Территория полигона ТОПП в геоморфологическом отношении относится к правобережной плиоценовой террасе Дона с небольшим уклоном ( $3-4^\circ$ ) на юг, где она ограничена безымянной балкой, по днищу

которой проходит ручей. Полигон находится в окружении сельскохозяйственных угодий, лесополос и промышленных объектов. Ближайшая селитебная зона расположена на расстоянии более 1,5 км. Полигон спроектирован способом последовательного заполнения системы имеющихся и сооружения новых карьеров (котлованов) на месте заброшенного месторождения строительных глин. Техногенный разрез (снизу-вверх) состоит из глиняного ложа, пластов уплотненного до  $0,9 \text{ т}/\text{м}^3$  мусора, разделенных тонкими прослойками глинистого грунта и покровного глиняно-суглинистого слоя.

Шламонакопитель расположен на территории шлакоотвала, представляющего собой крутой террасированный склон в береговой полосе Таганрогского залива. Он предназначен для размещения шламовых вод предприятия ОАО «ТАГМЕТ». Шламонакопитель состоит из трех карт (специальных резервуаров). Первая и вторая карты, заполненные осадком нерастворимых соединений оксидов и гидроксидов металлов, кремния и пр., в 2006 г. были выведены из эксплуатации. За год до проведения геофизических работ произведена их рекультивация.

Цель геоэкологических исследований состояла в оценке опасности и риска воздействия на сопредельные экосистемы загрязненных вод, фильтрующихся через техногенные толщи. Перед геофизическими исследованиями были поставлены две задачи: установить наличие фильтрационных

процессов и уточнить плановое положение зон фильтрации.

Выбор оптимального комплекса геофизических наблюдений производился по классической схеме, включающей анализ априорных данных и результатов исследований на аналогичных объектах в других регионах [1-3, 5]. В частности, была учтена публикация М.Г.Пустозёрова по изучению мест размещения отходов в Хакасии. Исходный (типовой) комплекс методов включал полевую и скважинную электроразведку, сейсморазведку, скважинную термометрию, а минимально-достаточный (рациональный) – вертикальное электрическое зондирование, симметричное электропропилирование, измерения постоянного естественного электрического поля (ЕП) способом потенциала ( $U_{e,p}$ ) и заряженного тела [5]. На объектах Ростовской области отличия заключались в оптимизации комплекса за счет повышения геофизической и экономической эффективности полевых и камеральных работ. По методике В.В.Попова произведен выбор параметров оптимизации, учитывающих увеличение информативности и производительности при снижении временных и финансовых затрат [4]. В оптимальный комплекс были включены современные технологии электропотенциального томографического зондирования (ЭПТЗ), измерений градиентов потенциалов постоянного естественного электрического поля ( $\Delta U_{e,p}$ ) и суммарного вектора ( $T$ ) напряженности магнитного поля.

Обозначенные методы относятся к экспрессным, так как измерения проводятся двумя исполнителями, а визуализация результатов происходит в режиме реального времени. При производстве работ пункты наблюдений размещались с учетом трех факторов: ландшафтной дифференциации территорий, предположительного направления миграционных потоков, расположения очагов техногенного воздействия.

На свалке и полигоне ТОПП для установления мест локализации фильтрата проведены исследования технологией ЭПТЗ на 47 точках с шагом по профилю 10 м и максимальными разносами до 350 м. Обработка

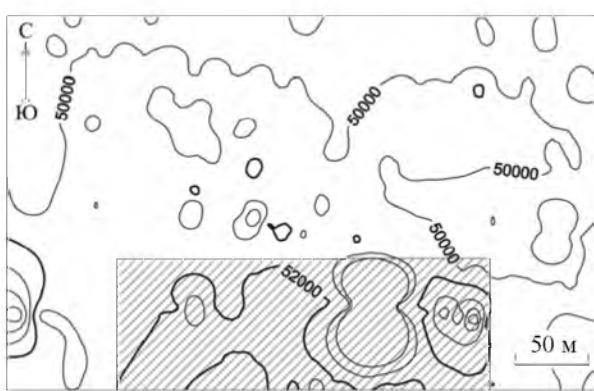


Рис.3. Карта напряженности магнитного поля (в нанотеслах) на участке 2-го полигона (штриховкой показана область, перспективная для добычи металла)

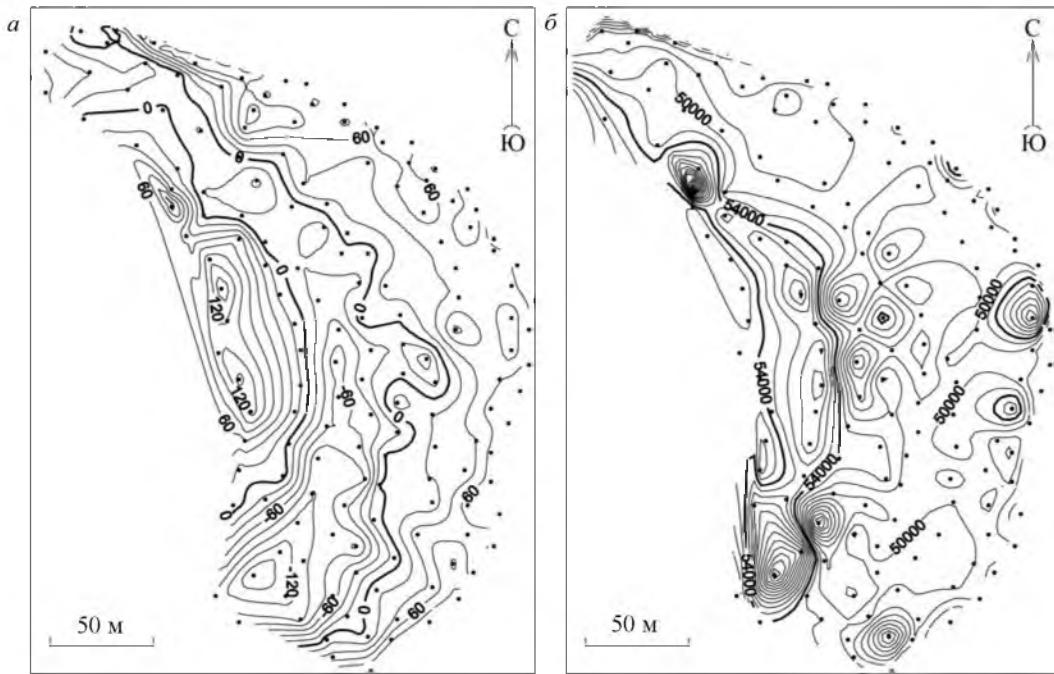


Рис.4. Распределение потенциала естественного электрического поля (а) и напряженности магнитного поля (б) на дамбе, отделяющей шламонакопитель от Таганрогского залива

данных включала построение псевдоразрезов (рис.1) и последующее их представление в форме 3D-моделей.

Исследованиями на свалке установлено, что техногенный массив имеет более высокие значения  $\rho_k$ , нежели вмещающие его породы. Вынос фильтрата происходит в северо-восточном направлении, а северная часть территории обводнена. Это подтверждается данными ЕП, по которым так же выявлены аномальные зоны, связанные с окислительно-восстановительными (фрагменты I, II) и инфильтрационным (фрагмент III) процессами (рис.2).

На полигоне установлено, что значения  $\rho_k$  техногенной толщи, по сравнению с вмещающими глинами, понижены, что объясняется квазиравномерным распределением фильтрата в мозаичном массиве отходов (на рис.1 ареол пониженных  $\rho_k \leq 4 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ). Приняв эффективную глубину  $H_{\text{эфф}} = 0,1$  стандартного расстояния между электродами, получим нижнюю отметку зоны локализации фильтрата в 20 м, что превышает проектную глубину дна котлована. Это свидетельствует о дефектах флюидоупора. Однако следует отметить, что мощность вме-

щающих глин на полигоне ТОПП составляет несколько десятков метров, поэтому вероятность загрязнения грунтовых вод невелика. Результаты ЭПГЗ и дополнительно проведенные исследования методом *grad* ЕП по контурным профилям показали, что явно выраженных боковых движений фильтрата не обнаруживается.

Второстепенной, но весьма актуальной задачей геофизических работ на полигоне ТОПП стала оценка насыщенности техногенного массива металлсодержащими конструкциями. Был выделен участок с повышенными значениями напряженности магнитного поля, что, вероятно, свидетельствует о наличии в данном месте металлсодержащих отходов (рис.3). Выделенная область в перспективе может рассматриваться как техногенная залежь.

На свалке магнитометрия не применялась, так как в 2008 г. здесь были проведены нелегальные земляные работы по извлечению такого типа отходов. Комплексные геофизические исследования на шламонакопителе выполнялись методами ЕП и магнитометрии. ЭПГЗ не применялось вследствие отсутствия условий для гальванического

заземления и приема. На рис.4 приведены карты деформаций поля ЕП и магнитного поля на территории дамбы из шлака шириной от 70 до 150 м, отделяющей шламонакопитель от Таганрогского залива. В пределах площади исследований выделяются две зоны: с отрицательными и положительными значениями  $U_{e.p.}$ . Первая, отрицательная, свидетельствует о фильтрационных процессах и позволяет уточнить их плановое положение, вторая уступообразно окаймляет первую и имеет положительные значения. Наибольший интерес представляет область сопряжения с шламонакопителем нагруженностью поля  $U_{e.p.} = 100 \div 120$  мВ, в то время как на территории, прилегающей к Таганрогскому заливу,  $U_{e.p.} = 40 \div 60$  мВ. В этой же зоне происходит увеличение и напряженности магнитного поля ( $T \geq 54000$  нТл). Объяснением может служить наличие в данном месте активных электрохимических процессов, вызванных контактом металлодержащих шлаков с водой. Это означает, что идет фильтрация отстоянной водной фракции через ограждающую дамбу в Таганрогский залив ввиду отсутствия противофильтрационного экрана и разницы уровней воды в шламонакопителе и Таганрогском заливе.

## Выводы

Комплекс геофизических экспресс-технологий, примененный на экологических объектах Ростовской области, вписывается в типовые экогеофизические комплексы.

Опробованы новые и усовершенствованные технологии электропотенциального томографического зондирования, измерений градиентов потенциалов постоянного естественного электрического поля и суммарного вектора напряженности магнитного поля, которые на основании расчетов параметра оптимизации показали максимальную информативность при минимальных затратах.

Полученные данные позволяют обосновать параметры проверочного бурения с последующей разработкой природоохранных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия мест размещения отходов производства и потребления на окружающую среду. Такими мероприятиями на свалке и полигоне ТОПП являются откачка загрязненных вод с последующим их использованием для полива покровной растительности полигона в летний период, тушения очагов возгорания на действующих картах полигона и свалке и др., а на шламонакопителе – применение кольматантов для снижения фильтрационных свойств шлакового субстрата.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богословский В.А. Экологическая геофизика: Учеб. пособие / В.А.Богословский, А.Д.Жигалин, В.К.Хмелевской. М., 2000. 256 с.
2. Мясников О.В. Возможности высокочастотных методов электроразведки при изучении локальных техногенных объектов / О.В.Мясников, Л.Д.Лебедева, Н.П.Волкова // Литосфера. 2006. № 2(25). С.128-134.
3. Никитин А.А. Комплексирование геофизических методов: Учебник для вузов / А.А.Никитин, В.К.Хмелевской. Тверь, 2004. 294 с.
4. Попов В.В. Комплексная интерпретация результатов геофизических исследований в углеразведочных скважинах. М., 1976. 112 с.
5. Пустозеров М.Г. Возможности геофизических методов при изучении свалок твердых отходов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2002. № 2. С.182-191.

## REFERENCES

1. Bogoslovski V.A., Zhigalin A.D., Khmelevskoy V.K. Ecological geophysics: textbook. Moscow, 2000. 256 p.
2. Mysnikov O.V., Lebedeva L.D., Volkova N.P. The possibilities of high frequency methods of electrical surveys in the studies of local technogenic objects // Lithosphere. 2006. № 2(25). P.128-134.
3. Nikitin A.A., Khmelevskoy V.K. Integration of geophysical methods: textbook for universities. Tver, 2004. 294 p.
4. Popov V.V. Integrated interpretation of geophysical studies results in coal-prospecting wells. Moscow, 1976. 112 p.
5. Pustozerov M.G. The possibilities of geophysical methods in the studies of dumps of solid waste // Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geokriology. 2002. № 2. P.182-191.