

УДК 622.272:622.841

Ю.И. Степанов, А.М. Мухаметшин

**ВЫДЕЛЕНИЕ ГЛУБИННЫХ АНОМАЛЬНЫХ
ВОДОТОКОВ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ЕСТЕСТВЕННОГО ПОЛЯ ПРИ КОМПЛЕКСНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ
ТЕРРИТОРИИ**

Приведены в кратком виде результаты изучения распределений потенциала естественного поля с целью контроля движений подземных вод на площадке строительства в центре г. Екатеринбург.

Ключевые слова: горные породы, потенциал фильтрации, глубинные водоперетоки, подземные воды.

Семинар № 3

Как известно, движение воды в горных породах приводит к возникновению аномального электрического поля. Природа этого поля связана с образованием двойного электрического слоя на границе минерального скелета и поровой влаги. В связи с тем, что двойной слой имеет диффузионный характер, часть его в жидкой фазе перемещается вместе с движением поровой влаги. Обычно в природных условиях неподвижно связанная с твердой фазой часть двойного слоя имеет отрицательный заряд, а подвижная - положительный. Таким образом, в направлении движения жидкости происходит вынос положительных зарядов [1, 2, 3, 4].

В первом приближении расчет ЭДС фильтрации E_0 для капиллярного строения получают из выражения [4]:

$$E_0 = \frac{\zeta \varepsilon \rho}{4\pi \eta} \Delta p,$$

где Δp - перепад давления в капилляре, ζ - скачок потенциала на границе двойного слоя, ε - диэлектриче-

ская проницаемость воды, ρ - удельное электрическое сопротивление поровых вод, η - вязкость.

Для реальной пористой среды эту формулу записывают в следующем виде:

$$\bar{E}_0 = k \varepsilon \rho \zeta \bar{v},$$

где k - постоянный коэффициент среды, выражающий степень пористости и структуру пор (или трещин), \bar{v} - средняя реальная скорость течения подземных вод [4].

Как следует из вышеприведенного, перемещение зарядов жидкостью эквивалентно течению тока в горных породах. Движение зарядов создает электрическое поле, напряженность которого, прежде всего, связана со скоростью движения воды по порам и трещинам. Но не только от скорости движения воды зависит напряженность создаваемого поля, которое входит в состав естественного электрического поля Земли. Важным фактором является степень раскрытия трещин и вещественный состав их заполнения. Присутствие в заполнителе

глинистых фракций приводит к резкому снижению фильтрационных потенциалов.

Так, в частности, было установлено, что наличие в песчаном заполнителе трещин 10% глинистого материала уменьшает наблюдаемую величину потенциала фильтрации в 8-9 раз [4].

В однородных проницаемых грунтах электрофильтрационные потенциалы отражают поведение гидроизогипс. Они возрастают в направлении движения потока, причем их интенсивность пропорциональна гидравлическим градиентам. Карты равных значений потенциалов характеризуют пространственную форму фильтрационного потока, направление его движения и до некоторой степени скорость.

В области формирования грунтовых вод отрицательными значениями потенциала выделяются участки повышенной инфильтрации.

Движение подземных вод снизу вверх, т.е. их разгрузка, приводит к возникновению электрических потенциалов характеризующихся максимумом.

В пределах области транзита подземных вод структура электрофильтрационного поля имеет ряд особенностей. В случае неоднородной проницаемости грунтов изолинии потенциала вытягиваются вдоль основных фильтрационных потоков, а отдельные локализованные аномалии характеризуют особенности растекания грунтовых вод, связанные с конфигурацией и положением водоупоров.

Естественно, что анализируемое электрофильтрационное поле быстро затухает с увеличением глубины залегания фильтрационного потока. Практика изучения наблюдаемых аномалий показывает, что возможно уверенно получать характеристики

фильтрационных полей на глубинах первых десятков метров [4].

В свете изложенного, было установлено, что на проектируемой площади имеются достаточные основания для постановки работ по методике естественного поля. К ним относятся: наличие разломной тектоники, повышенная трещиноватость пород, небольшая глубина залегания скальных пород (до 8 м). Можно прогнозировать выявление положения зоны инфильтрации и ее размеры.

Наблюдения методом естественного поля проводились по методике измерения градиент-потенциалов со стопроцентным повторением. Все измерения проведены измерителем, входящим в комплект электроразведочной аппаратуры ЭРА. Работы проводились согласно требованиям СНИП 11-02-96, СП 11-105-97 ч.1,5 и Инструкции по электроразведке.

Полученные материалы полевых работ по методике потенциалов естественного поля использовались для построения графиков изменения потенциала в прямом и обратном направлении. После осреднения результатов на каждой точке наблюдения графики средних значений сглаживались по системе VECTOR, разработанной лабораторией геопотенциальных полей Горного института УрО РАН. Целью сглаживания было исключение влияния локальных приповерхностных неоднородностей на естественное поле района исследований и подготовка данных для построения плана изолиний потенциала.

Для обработки метода естественного поля нами применена система VECTOR, которая представляет собой мощное интерактивное средство обработки, интерпретации и визуализации данных площадных исследований.

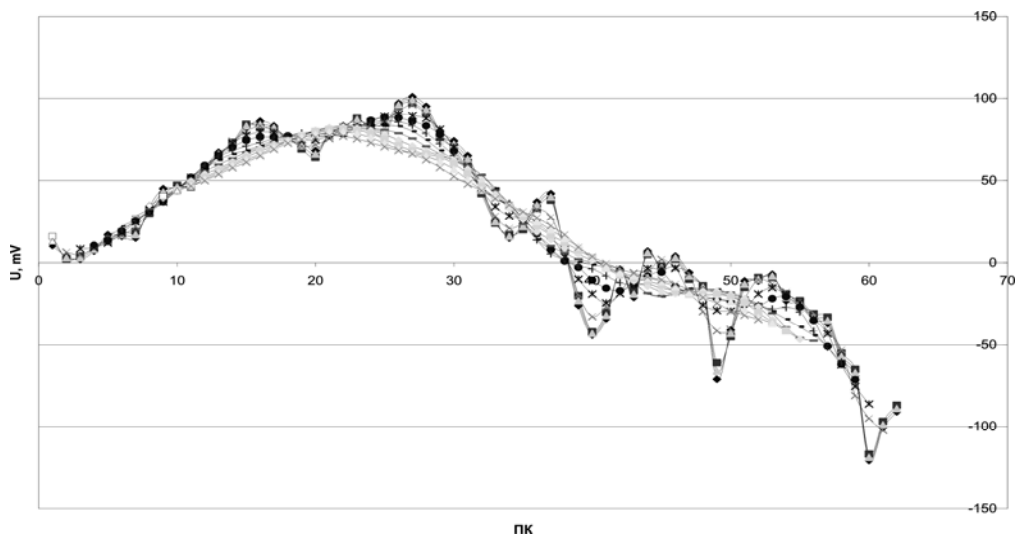


Рис. 1. Исходные и сплайн-значения потенциалов по профилю 1 (ул. 9 Января)

Компьютерная технология VECTOR создана для углубленного анализа геопотенциальных полей (гравитационного, магнитного) и полей данных, которые могут быть описаны потенциальными функциями. Электрические поля, в т.ч. естественные, так же относятся к потенциальным полям, поэтому для представления и истолкования результатов метода ЕП нами использована данная система.

Центральная идея технологии – представление поля в виде векторов горизонтальных градиентов, обработка полей векторов и их последующая трансформация. В технологии используются основные свойства потенциальных полей, учитываются особенности решения прямых и обратных задач, а именно:

а) боковая чувствительность горизонтальных градиентов, необходимость повышения устойчивости вычисления их атрибутов и возможность «накопления»; б) возможность снятия криволинейных фоновых составляющих за счет определения среднего вектора в скользящем окне;

в) возможность «сканирования» полей и выделения полей источников, распо-

ложенных в разноглубинных горизонтальных пластах;

г) эквивалентность относительно возможных источников полей и параметры сингулярных источников;

д) недоопределенность и некорректность обратных задач;

е) модельность, оптимизация в детерминистических и статистических моделях.

Процедура векторного сканирования позволяет выделить участки разреза с источниками полей и локализовать их в пространстве. Реализована возможность построения карт исходных и трансформированных данных, горизонтальных градиентов поля, векторов и модулей наблюдаемого и обработанного полей. Построение 3D диаграмм полей и их произвольных горизонтальных и вертикальных срезов позволяет локализовать в пространстве источники полей. VECTOR является результатом многолетних научных исследований коллектива лаборатории геопотенциальных полей ГИ УрО РАН.

Система представлялась на Международных и Всероссийских выставках и конференциях, имеет положительные

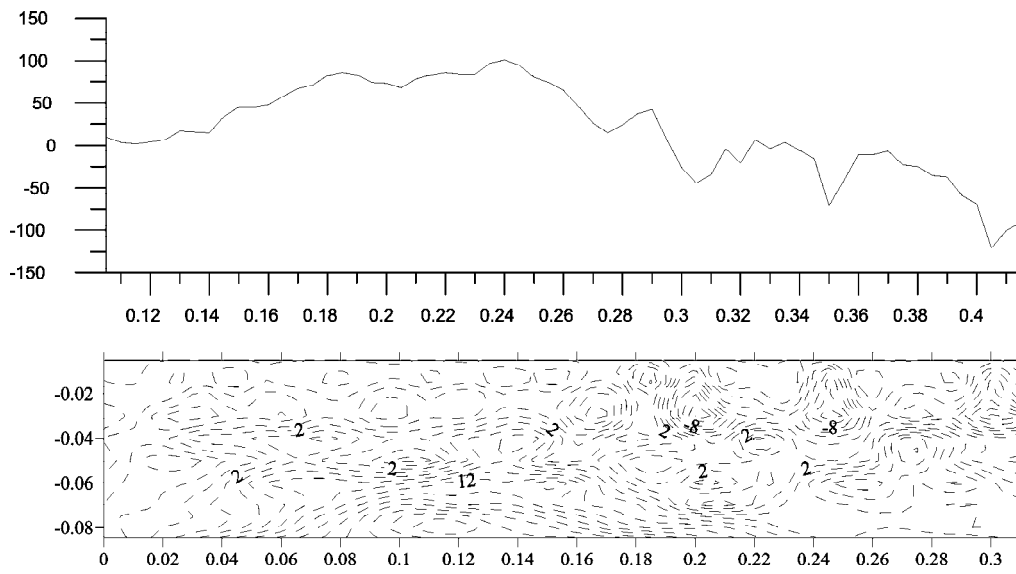


Рис. 2. Вертикальное сечение разностной диаграммы по профилю 1 по системе VECTOR

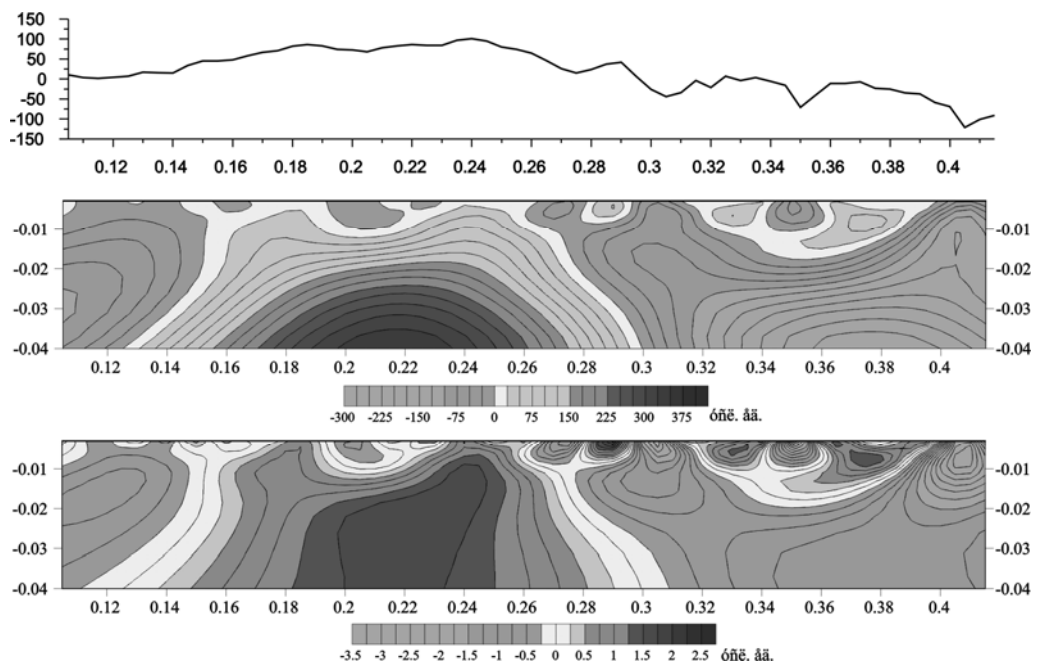


Рис. 3. График EP, вейвлет-спектр EP без нормирования (вверху) и с нормированием на среднеквадратическое отклонение для каждого масштаба вейвлета (внизу) по профилю 1

отзывы от различных организаций, включая Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Эффективность системы подтверждена многочисленными результатами ее практического использования для решения задач нефтегазовой и горнодобывающей промышленности.

Кроме указанной системы результаты метода ЕП обработаны с помощью метода построения аналитических моделей геопотенциальных полей, базирующегося на выявлении сингулярностей анализируемого поля при различных масштабах его рассмотрения с использованием быстрого вейвлет-преобразования и последующей истокообразной аппроксимацией выделенных компонент.

Результаты обработки метода ЕП представлены на рис. 1, 2 и 3.

Из представленного графика изменения потенциалов ЕП (рис. 1) наблюдается общее увеличение потенциалов в восточном направлении, что указывает на общее направление движения грунтовых вод в этом направлении. На фоне общего увеличения потенциалов выделяются аномальные зоны, которые возможно связаны с вертикальными перетоками по ослабленным зонам.

На профиле 1 (рис. 2) выделяется положительная аномалия между пикетами 11 – 32. В краевых частях указанной аномалии наблюдаются локальные аномальные зоны повышенных потенциалов, соответственно на ПК 11 – 17 и ПК 26 – 32. По результатам обработки данных ЕП с помощью системы VECTOR (рис. 3) источник фильтрационного поля находится значительно ниже уровня грунтовых вод на глубине более 30 м. Положительная аномальная зона между пикетами 51 – 58 имеет «источник возбуждения» фильтрационного поля на значительно меньшей глубине 7 – 15 м. Выделенные зоны были подтверждены в последующем с помощью зондирования методом переходных процессов и буровыми работами.

Таким образом, полученные методом естественного поля материалы позволили локализовать глубинные водоперетоки на глубоко урбанизированной центральной площадке г. Екатеринбурга на участке габбрового массива. Стало очевидным, что данный участок подвергнут интенсивному геохимическому выветриванию, скорее всего антропогенного генезиса. Результаты последующих буровых работ подтвердили вышеприведенные выводы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений* / по ред. А.И. Савича, Б.Д. Кулюнджича. - М.: Недра, 1990. — 462 с.

2. *Огильви А.А.* Основы инженерной геофизики: Учеб. для вузов / М.: Недра, 1990. - 501 с.

3. *Отчет о комплексных инженерных изысканиях на объекте: «Деловой центр*

Екатеринбург – Сити» в квартале улиц Челюскинцев-9 Января- Октябрьской Революции-Боевых Дружин в г. Екатеринбурге. Часть 11. Инженерно-геологические изыскания.

4. *Матвеев Б.К.* Электроразведка: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. И допол. – М.: Недра, 1990. - 368 с. **ИИЗ**

Коротко об авторах

Степанов Ю.И. – кандидат технических наук, ученый секретарь ГИ УрО РАН, arc@mi-perm.ru

Мухаметшин А.М. – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геоинформатики УГТУ, научный руководитель ООО «АМИК - Инновационные технологии».