

УДК 550.371.2

С. Ю. БАЛАСАНЯН

КЛАССИФИКАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ НА ИНЖЕНЕРНО- ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Метод естественного электрического поля имеет весьма широкое применение в геолого-геофизической практике, особенно в рудной геофизике и при промыслово-геофизических работах. Это обусловлено, с одной стороны, повсеместным проявлением естественных электрических полей, а с другой—сравнительной дешевизной и экспрессностью метода.

Однако следует отметить, что в качестве ведущего в комплексе геофизических методов на инженерно-гидрогеологических объектах он применяется весьма редко и, как правило, играет роль дополнительного. Подобное положение, на наш взгляд, объясняется, во-первых, недостаточной теоретической изученностью природы естественных электрических полей, во-вторых, недостаточно совершенной методикой наблюдения, обработки и интерпретации в методе ЕП.

На инженерно-гидрогеологических объектах контакты горных пород, водоносных пластов, минерализованных вод и т. д. (в дальнейшем будем называть все перечисленные объекты—«средами»), являются причиной возникновения локальных естественных электрических полей, электрохимической природы.

Действительно, наличие любого контакта двух «сред» вызывает одновременно диффузию и адсорбцию ионов (если в контакте участвует горная порода), что приводит к образованию устойчивого двойного электрического слоя. В зависимости от того, какую структуру имеет последний наблюдается соответствующая картина распределения естественного электрического поля. Для более образного представления характера двойного электрического слоя, мы предлагаем в дальнейшем пользоваться такими понятиями как «статический» и «динамический» контакт.

Исходя из того, что двойной электрический слой состоит из двух частей—адсорбционной и диффузионной, термин «динамический» контакт целесообразно применять в том случае, если происходит «принудительное» смещение диффузионной части двойного электрического слоя относительно адсорбционной: под действием перепада давлений (электрофильтрационные поля), или перепада температур (термокапиллярные поля), между концами одиночного капилляра. Если подобного смещения нет, то такой контакт можно принять за «статический» (диффузионные и диффузионно-адсорбционные поля).

Следуя сказанному, при изучении распределения поля в областях с «динамическим» контактом, максимальное изменение (градиент) по-

тенциала должно наблюдаться вдоль контакта, а в областях со «статическим» контактом—вкрест простирацию контакта. Это положение является важным диагностическим признаком для определения типа объекта, которым обусловлена преимущественная модификация естественного электрического поля.

Всею предысторией вопроса возникновения и проявления естественных электрических полей подготовлена необходимость их классификации в зависимости от характера источника поля, что, на наш взгляд, послужит ключом к получению достоверной геологической информации. Подобная дифференциация наблюдаемого (суммарного) поля позволяет, исходя из его преимущественной обусловленности, применить соответствующую интерпретацию с учетом всей совокупности особенностей той или иной формы проявления ЕП. Ведь каждая из этих форм, наряду с общими чертами, имеет и свои неповторимые признаки, свой специфический «контекст жизни», который по идее и должен ответить на основной вопрос, каков объект, вызывающий наблюдаемое естественное электрическое поле, и каково его положение в пространстве?

Следует отметить, что идея классификации естественных электрических полей высказывается не впервые и уже сейчас существует схема, имеющая следующий вид:

$$E_{\text{ЕП}} = E_{\text{д. л.}} + E_{\text{ф}},$$

где $E_{\text{ЕП}}$, $E_{\text{д. л.}}$, $E_{\text{ф}}$ соответственно напряженности общего (суммарного), диффузионно-адсорбционного и электрофильтрационного полей. Однако она не объясняет изменения естественных электрических полей во времени, т. к. обе компоненты ($E_{\text{д. л.}}$ и $E_{\text{ф}}$), входящие в состав $E_{\text{ЕП}}$, по своей природе постоянные. Подобный пробел в приведенной системе делает ее значение несколько иллюзорным.

Проведенные нами исследования позволяют существенно дополнить имеющуюся классификацию и сделать ее реально применимой для практического использования.

Если записать предлагаемую схему в виде аналитического выражения, то она будет выглядеть так:

$$E_{\text{ЕП}} = E_{\text{д. л.}} + E_{\text{эк}}(E_{\text{ф}}; E_{\text{тк}})$$

где $E_{\text{эк}}$, $E_{\text{тк}}$ —напряженности электрокинетического и термокапиллярного полей.

Согласно нашей классификации в состав суммарного естественного электрического поля электрохимической природы входят две постоянные модификации ($E_{\text{д. л.}}$, $E_{\text{ф}}$) и одна переменная ($E_{\text{тк}}$).

Переменная компонента естественного электрического поля была выделена нами на основе тщательного экспериментального (лабораторного и полевого) изучения причин непостоянства естественных электрических полей во времени и исходя из ее природы была названа нами термокапиллярной.

Исходя из того, что источником термокапиллярного поля является движение жидкости по капиллярам под действием созданного на их концах перепада температур, мы сочли возможным присоединение термокапиллярного эффекта к группе электрокинетических явлений.

Поскольку переменная (термокапиллярная) компонента естественного электрического поля электрохимической природы выделена нами впервые, нам представляется целесообразным подробнее остановиться на этом вопросе.

Термокапиллярные поля и их природа

В 1951 г. А. С. Семеновым, М. Е. Новожиловой и А. Е. Вешевым в Змеиногородском районе Рудного Алтая, при поисковых работах методом естественного электрического поля было замечено, что в течение суток значения регистрируемых потенциалов в одной и той же точке наблюдения изменяются. Этот вид естественного электрического поля был назван ими «меняющимися во времени полями» [4].

Подобное поведение потенциалов естественного электрического поля наблюдал еще в 1946 г. Д. Г. Тархов на одном из рудных месторождений Закавказья, однако, это явление было отнесено им за счет фильтрации метеорных осадков через наносы [5].

В 1952 г. Г. М. Ваняном наблюдались изменения потенциалов естественного электрического поля в течение небольшого промежутка времени (всего несколько часов), при неизменных метеорологических условиях, причем на отдельных участках профиля наблюдений имело место изменение знака потенциала. С подобными явлениями в дальнейшем сталкивались почти все исследователи, занимающиеся вопросами естественного электрического поля, однако до последнего времени нет установившегося мнения о причине непостоянства естественного электрического поля во времени.

Исходя из этого, нами были проведены специальные экспериментальные лабораторные и полевые исследования, позволившие объяснить природу подобного явления, которая заключается в существовании так называемого термокапиллярного поля, входящего в качестве переменной компоненты в состав естественных электрических полей [2].

Принимая горную породу за систему капилляров, рассмотрим явление термокапиллярных потенциалов на примере единичного капилляра, заполненного водой и расположенного перпендикулярно плоскости наблюдения.

Известно, что на границе твердой и жидкой фаз образуется двойной электрический слой, который, по современным воззрениям, носит адсорбционно-диффузионный характер, причем с твердой фазой, как правило, связаны отрицательные ионы, а с жидкой — положительные [1]. При нагревании верхнего конца капилляра вода начинает подниматься вверх (процесс испарения), в результате чего нарушается равновесие в двойном электрическом слое (подвижная диффузная часть переме-

щается относительно неподвижной—адсорбированной). Это приводит к образованию избытка положительных ионов в верхнем конце капилляра и к его недостатку в нижнем, из-за чего и возникает разность потенциалов, названная нами термокапиллярной, а электрическое поле, образованное термокапиллярными потенциалами — термокапиллярным полем, процесс же образования поля—термокапиллярным эффектом.

В зависимости от того, куда движется вода по капилляру—вверх (процесс испарения) или вниз (охлаждение верхнего конца капилляра) потенциал имеет соответственно положительное или отрицательное значение. Из всего сказанного явствует, что термокапиллярный эффект связан с движением воды по капиллярам под действием перепада температур.

В работе А. С. Семенова [4] говорится о существовании трех форм проявления «меняющихся во времени полей»: 1) резко меняющиеся поля с обратной температурной зависимостью потенциала; 2) положительные устойчивые аномалии; 3) слабо меняющиеся поля с прямой температурной зависимостью потенциала.

Исходя из термокапиллярной природы поля, мы считаем, что существует одна единственная форма проявления поля—прямая температурная зависимость потенциала. Что же касается того, что авторами работы [4] наблюдались три формы проявления «меняющихся во времени полей», то это произошло, на наш взгляд, по причине недостаточно совершенной методики наблюдения вышеуказанных полей, так как измерение разности потенциалов производилось между «нулевой» точкой, выбранной без учета термокапиллярного эффекта, и точками наблюдения, причем температура измерялась только в точке стояния «нулевого» электрода. Дело в том, что при увеличении температуры на 1°C потенциал «нулевого» электрода мог измениться на большую величину, нежели потенциал в точке наблюдения, и измеренная разность потенциалов относительно такой «нулевой» точки могла уменьшиться, а температура поверхностного слоя возрасти. В результате этого авторами работы [4] и был сделан вывод об обратной температурной связи потенциалов. Точно так же объясняется и вывод о существовании второй формы проявления «меняющихся во времени полей». Далее авторами работы [4] было высказано предположение о капиллярной и пленочной природе «меняющихся во времени полей». Пленочной природой была объяснена обратная температурная зависимость потенциала, что кажется нам маловероятным, так как пленочные воды относятся к категории очень медленно передвигающихся и, судя по этому, не могут создавать практически заметные потенциалы [3].

Выводы

1. В состав суммарного естественного электрического поля электрохимической природы в качестве переменной компоненты входит термо-

капиллярное поле, связанное с изменением температуры поверхностного слоя капиллярной среды.

2. Исходя из термокапиллярной природы поля, существует одна единственная форма его проявления—прямая температурная зависимость потенциала.

3. Для правильного истолкования результатов наблюдения при работах методом ЕП, необходим новый способ регистрации естественного электрического поля с учетом термокапиллярного эффекта.

Ереванский государственный
университет

Поступила 14.VI 1974.

Ս. ՅԱՆ ԲԱԼԱՍՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ԲՆԱԿԱՆ ԷԼԵԿՏՐՈՎԱԿԱՆ ԳՈՇՏԵՐԻ
ԳՈՒՍԱԿՐԳՈՒԹՅՈՒՆ ԻՆՓԵՆԵՐԱԿԱՆ-ՇԻՂՐՈՆԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ՏԵՂԱՄԱՍԵՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Գումարային էլեկտրաքիմիական բնույթի բնական էլեկտրական դաշտի կաղմի մեջ, որպես փոփոխական բաղադրիչ, մտնում է ջերմակապիլյար դաշտը, կապված կապիլյար միջավայրի մակերեսային շերտի ջերմության փոփոխության հետ:

Ելնելով դաշտի ջերմակապիլյար բնույթից, գոյություն ունի նրա արտահայտման մեկ ձև՝ պոտենցիալ ուղղակի ջերմային կախվածություն:

Բնական դաշտի տվյալների ճիշտ մեկնաբանման համար անհրաժեշտ է բնական էլեկտրական դաշտի գրանցման նոր եղանակ, նկատի ունենալով ջերմակապիլյար էֆեկտը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Антропов Л. И. Теоретическая электрохимия. Изд-во «Высшая школа», М., 1969.
2. Баласаян С. Ю., Ванцян Г. М. Исследование температурной зависимости потенциалов естественного электрического поля с помощью моделирования. Уч. зап. ЕГУ. естеств. науки, № 2, 1973.
3. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология, инженерная петрология. «Недра», Ленинградское отделение, Л., 1970.
4. Семенов А. С. Электроразведка методом естественного электрического поля. «Недра», Л., 1968.
5. Тархов А. Г. Геоэлектрическое поле фильтрации. Известия АН СССР, сер. геол., № 11, 1956.