



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СПбГУ)

16.10.2020

ВЫПИСКА

№08/76-04-Выписка-16

из Протокола заседания научной комиссии
в области наук о Земле и смежных экологических наук
от **15.10.2020 №08/76-04-13**

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Председатель научной комиссии: к.г.-м.н., доцент В.В. Гуржий
Секретарь научной комиссии: ведущий специалист ООНИ А.А. Иванова

Члены научной комиссии: д.г.-м.н., профессор М.В. Чарыкова (on-line); к.г.н., доцент И.Л. Башмачников (on-line); к.ф.-м.н., доцент Н.Ю. Бобров (on-line); д.г.н., профессор Д.А. Ганюшкин (on-line); д.г.-м.н., профессор А.Н. Зайцев (on-line); к.т.н., доцент В.А. Лушпеев (on-line); к.г.н., доцент К.А. Морачевская (on-line); к.с.-х.н., доцент М.А. Надпорожская (on-line); д.г.-м.н., профессор А.Ю. Опекунов (on-line); д.г.-м.н., профессор В.Г. Румынин (on-line); д.г.н., профессор Русаков А.В. (on-line); к.г.н., доцент Л.А. Савельева (on-line); д.г.-м.н., д.г.-м.н., профессор А. К. Худoley (on-line); профессор О.И. Сийдра (on-line); к.г.н., заместитель директора ФГБУ «ААНИИ» И.М. Ашик (on-line).

СЛУШАЛИ:

1) Рассмотрение заявки на соискание Премии имени Б.Б.Голицына (за выдающиеся научные работы в области геофизики) за цикл трудов: «Развитие теории, экспериментальной базы и методики применения поляризационных методов геоэлектрики (естественного электрического поля и вызванной поляризации)» (Титов К.В., Гуринов Г.В., Коносовский П.К.).

ПОСТАНОВИЛИ:

1) Научная комиссия ознакомилась с документами, представленными коллективом авторов на соискание Премии имени Б.Б. Голицына. По результатам голосования научная комиссия единогласно («за» - 16, «против» - 0, «воздержались» - 0) рекомендует цикл трудов: «Развитие теории, экспериментальной базы и методики применения поляризационных методов геоэлектрики (естественного электрического поля и вызванной поляризации)» для выдвижения на соискание Премии имени Б.Б. Голицына (за выдающиеся научные работы в области геофизики).

Председатель научной комиссии

В. В. Гуржий

Секретарь научной комиссии

А. А. Иванова

Мотивированное представление работ,
выдвинутых на конкурс на присуждение премии РАН им. Б.Б. Голицына,
за научные труды в 2021 году,
выполненных коллективом авторов (Титов К.В., Гурин Г.В., Коносавский П.К.)

Цикл работ «Развитие теории, экспериментальной базы и методики применения поляризационных методов геоэлектрики (естественного электрического поля и вызванной поляризации)»

Цикл работ включает статьи, посвященные трем основным вопросам: **спонтанной поляризации электрокинетической природы (ЕП – естественное электрическое поле), вызванной поляризации (ВП) ионопроводящих пород и ВП горных пород, содержащих электропроводящие включения.** Отличительная особенность предмета изучения состоит в том, что электрические поля, возникающие спонтанно под действием потока подземных вод и стимулированные сторонним электрическим полем являются следствием процессов в двойном электрическом слое, существующим на межфазной границе между твердой фазой и флюидом.

Значение цикла работ для развития науки определяется во многом их междисциплинарным характером. Так как изучаемые явления относятся к категории перекрестных явлений, предмет исследования относится к геофизике, а используемые методы относятся как к геофизике, так и к неравновесной термодинамике, коллоидной химии, электрохимии и вычислительной математике.

Народнохозяйственное значение работ определяется следующими аспектами.

Во-первых, ЕП является единственным феноменом, непосредственно связанным с движением подземных вод. Его изучение позволяет давать детальную характеристику динамики подземных вод в условиях недостаточной информации, получаемой с помощью наблюдений в скважинах (пьезометрах) и, как следствие, *реализовывать с большей детальностью и достоверностью разведку месторождений пресных подземных вод.*

Во-вторых, ВП ионопроводящих пород позволяет характеризовать фильтрационно-емкостные свойства водоносных коллекторов.

Эти два фактора позволяют *оценивать производительность водозаборов и защищенность подземных вод от загрязнения.* В ближайшее время планируется реализация обсуждаемых подходов на объектах Республики Крым и Южного федерального округа, запасы пресных вод в которых, как известно, крайне недостаточны для текущего и перспективного уровня водопотребления.

В-третьих, ВП в породах и рудах имеющих вкрапленную текстуру (минералы - электронные проводники и полупроводники, окруженные ионопроводящей матрицей) является единственным явлением, на основе которого возможно их детектирование и геометризация. С вкрапленностью сульфидных минералов связаны многие *месторождения золота, металлов платиновой группы и других стратегических материалов.* Поэтому, развитие метода ВП является необходимым условием для *поисков, разведки и оценки данных типов месторождений стратегического сырья.*

Аннотация

Первая часть работ, включенная в настоящий цикл, посвященная ЕП, направлена на изучение закономерностей распределения электрического потенциала (в пространстве и во времени), вызванного движением подземных вод в горных породах. В рамках этого направления, в частности:

- были разработаны теория и расчетный алгоритм решения сопряженной (в смысле неравновесной термодинамики) задачи фильтрации подземных вод и возникающего при этом электрического поля на основе конечно-разностного метода;
- на этой основе был создан компьютерный код GWFGEM, который позволил моделировать ЕП, связанное с потоками флюида в пористой среде в различных гидродинамических условиях в двумерной постановке (плюс время);
- была разработана методика «трехтактного» использования коммерческой программы моделирования потоков подземных вод (MODFLOW), основанная на вычислении в трехмерной постановке (плюс время) (а) распределения напоров, (б) сопряженного электрического поля, (в) электрического потенциала.

Использование этих численных инструментов позволило получить следующие научно-практические результаты.

Для напорного и безнапорного фильтрационного потока наличие профильной (слоистая система) и плановой (например, включение линзы глин в песчаном горизонте) фильтрационной неоднородности находят отражение в ЕП. Кроме того, технические факторы, важные при опытно-фильтрационных работах (тип обсадки скважины, несовершенство по степени вскрытия водоносного пласта), также находят отражение в ЕП и требуют соответствующего учета при интерпретации полевых данных.

Отчетливая реакция электрического поля на характер движения подземных вод позволяет использовать метод ЕП для детализации структуры фильтрационного потока, верификации численных балансовых геофильтрационных моделей, необходимых для оценки ресурсов и запасов подземных вод в различных гидрогеологических ситуациях. Последнее особенно важно в виду постоянного дефицита гидрогеологической информации, в связи с существенными затратами на бурение откачивающих и наблюдательных скважин.

Изучение возможностей ЕП при анализе данных опытно-фильтрационных опробований скважин (опыты по откачке или нагнетанию воды в водоносные коллекторы) как источника получения фильтрационно-ёмкостных параметров водоносных пород показало, что реакция ЕП на проявление фильтрационной неоднородности происходит быстрее, чем соответствующая реакция напоров в скважинах. Это позволяет сократить время опытно-фильтрационных работ на основе использования метода ЕП, реализовывать верификацию расчетной гидродинамической схемы, а также открывает перспективу надежной оценки фильтрационных параметров водоносных горизонтов в условиях дефицита гидрогеологической информации.

Кроме того, на основе экспериментальных данных была построена теория сопряженных явлений применительно к глинистым породам. Теоретические и экспериментальные данные по этой разработке послужили основанием для контроля участка, на котором планируется складирование радиоактивных отходов (Трессанж, Франция).

Отметим некоторые ключевые статьи.

Работы [11, 17, 19, 24, 29, 31] посвящены развитию теории спонтанной поляризации.

Применение естественного электрического поля электрокинетической природы при откачках из скважин рассмотрено в обзорной статье [17]. В статье [28] обсуждается применение спонтанной поляризации для многолетнего мониторинга деградации загрязнения грунтов нефтепродуктами на тестовом участке Трекато в Италии. Эффективность применения спонтанной поляризации при исследовании каменно-земляных плотин гидроэлектростанций показана в работах [20, 25, 37]. В статьях [2, 8, 10, 11, 17, 19] на основе численного моделирования рассмотрены сигналы электрокинетической поляризации при откачках из слоистого водоносного горизонта [2, 17], при откачках из скважин в гармоническом режиме [11] и при откачках в несовершенных скважинах [10]. В работе [35] дано обобщение теоретических и экспериментальных данных о ЕП фильтрационной природы на момент 2002 г. В работе [32] обсуждаются так называемые транспортные свойства глинистых горных пород, включая сопряженные явления (электроосмос, потенциал течения) применительно к задаче захоронения радиоактивных отходов. В работах [20, 28, 29, 33, 37] представлены примеры применения поляризационных методов геоэлектрики для решения практических задач.

Особое значение данных разработок связано с перспективами их применения с целью увеличения запасов подземных вод Республики Крым и Южного федерального округа.

Вторая и третья часть цикла посвящены развитию теоретических и экспериментальных основ, методики применения и способов интерпретации полевых данных, полученных с помощью метода вызванной поляризации (ВП).

Вторая часть цикла посвящена развитию теории и экспериментальной базы явления ВП применительно к обнаружению так называемых слабо-проявленных (в геофизических полях) объектов, включающих вкрапления электроно-проводящих и полупроводящих минералов. Такие объекты могут быть найдены и геометризованы только на основе метода ВП. Интерес к этим объектам связан с тем, что вкрапления сульфидных минералов часто сопровождают руды благородных металлов и платиноидов. Этим определяется прикладное значение работ, обсуждаемых ниже.

В работах [1, 3, 5, 6, 7, 9, 12, 16, 18, 23, 25] последовательно развиваются теория и экспериментальная база для ВП пород, содержащих электронопроводящие включения. В работе [25] на экспериментальном материале показана зависимость заряжаемости от объемного содержания сульфидных минералов в породе для случая изометрических электронопроводящих частиц. Эта зависимость впоследствии была подтверждена теоретически зарубежными авторами. В работах [3, 18] доказана эффективность дебаевской декомпозиции полевых данных ВП при поисках месторождений золота в условиях Дальневосточного федерального округа. В работе [16] на основе теоретических построений и экспериментальных данных была предложена полуэмпирическая модель ВП, дающая теоретическую связь объемного содержания электронопроводящих частиц и заряжаемости и эмпирическую связь постоянной времени и размера частиц, электропроводности поровой влаги и минерального состава частиц.

Работа [12] посвящена эффективности применения дебаевской декомпозиции при исследовании сложно-построенных сред применительно к поискам рудных месторождений. В работах [5, 6] развита концепция пассивации зерен, - явления, приводящего к ослаблению или исчезновению эффекта поляризации. Указанная концепция свидетельствует в пользу электрохимической природы ВП. Рассмотрена ВП образцов, включающих частицы анизометрической формы [1, 5, 7]. Показано, что анизотропия приводит к существенному

изменению характера поляризации и должна учитываться при анализе практических данных.

Третья часть цикла работ посвящена ВП в ионопроводящих средах и общим вопросам развития теории ВП и применения метода ВП.

В работах [13, 14, 15, 22, 27, 34, 36] рассмотрены общие вопросы теории и методологии ВП. В работе [22] показана возможность использования дебаевской декомпозиции для быстрого преобразования данных временной области в частотную и обратно. В работе [13] показана эффективность осреднения параметров ВП на сеточной модели, включающей элементы с заданной дисперсионной зависимостью. Работы [14, 15] посвящены выдвинутой авторами концепции «минералогического эффекта» ВП, возникающего при наличии контакта минералов с отличающимися межфазными свойствами.

В работе [36] предложена модель короткой узкой поры (SNP – Short Narrow Pore), которая к настоящему времени признана одной из основных моделей для мембранной поляризации горных пород. В работе [4] представлено объяснение аномально высокой комплексной электропроводности кимберлитов (основные источники алмазов).

Настоящие исследования выполнены при поддержке грантов VII Рамочной программы Европейского Сообщества (2008-2012), СПбГУ (2014-2017), РФФИ (2016-2019) и РФФИ-DFG (2020 по настоящее время).

Заместитель председателя
Ученого совета СПбГУ

И.А. Горлинский