

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ САЛАГАЕВСКИЙ ЛОГ (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Татьяна Александровна Федорова

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник, тел. (383)363-91-94, e-mail: FedorovaTA@ipgg.sbras.ru

Юрий Григорьевич Карин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, научный сотрудник, тел. (383)363-91-94, e-mail: KarinYG@ipgg.sbras.ru

Алексей Викторович Еделев

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, тел. (383)363-91-94, e-mail: EdelevAV@ipgg.sbras.ru

Наталья Викторовна Юркевич

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)363-91-94, e-mail: YurkevichNV@ipgg.sbras.ru

Ольга Петровна Саева

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, тел. (383)363-91-94, e-mail: SaevaOP@ipgg.sbras.ru

Светлана Борисовна Бортникова

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. лаборатории, тел. (383)330-95-36, e-mail: BortnikovaSB@ipgg.sbras.ru

Представлены результаты исследования Салагаевского хвостохранилища методом микро-электротомографии и термометрии. Оценена динамика удельного электрического сопротивления и ее связь с приповерхностными изменениями температуры воздуха. Выявлено, что приповерхностные (до 15 см) изменения сопротивлений происходят из-за суточных изменений температуры, а глубинные изменения в полученных разрезах связаны с изменениями сопротивлений приповерхностного слоя.

Ключевые слова: хвостохранилище, электротомография, температура, суточная динамика, удельное электрическое сопротивление.

ESTIMATION OF ELECTROPHYSICAL PARAMETERS DYNAMICS ON THE MINE TAILINGS SALAGAEVSKIY LOG (KEMEROVO REGION)

Tatyana A. Fedorova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Junior Researcher, e-mail: FedorovaTA@ipgg.sbras.ru

Yuri G. Karin

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Researcher, e-mail: KarinYG@ipgg.sbras.ru

Alexey V. Edelev

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Researcher, e-mail: EdelevAV@ipgg.sbras.ru

Natalia V. Yurkevich

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Senior Researcher, e-mail: YurkevichNV@ipgg.sbras.ru

Olga P. Saeva

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Researcher, e-mail: SaevaOP@ipgg.sbras.ru

Svetlana B. Bortnikova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., professor, Head of Laboratory, e-mail: BortnikovaSB@ipgg.sbras.ru

The data of fieldwork on the Salagaevsk Log tailings are presented using the method of daily micro-tomography and temperature measurements. The dynamics of electrical resistivity and its relationship with near-surface temperature changes are estimated. It was revealed that near-surface (up to 15 cm) changes in resistance occur due to daily temperature changes, and variability in deep in the sections are associated with changes in the resistance of the near-surface layer.

Key words: tailings, electrical resistivity tomography, temperature, daily dynamic, electrical resistivity.

Проблема влияния складированных отходов горнорудной промышленности на окружающую среду и человека воспринимается как реальная опасность по мере детального исследования процессов, происходящих в пределах техногенных объектов и их внешних связей с природными компонентами [1]. Для изучения таких процессов используют различные геохимические и геофизические методы. В данной работе рассматриваются распределения удельного электрического сопротивления (УЭС) по глубине, построенные по данным электро-томографии. Также в работе рассматривается связь между УЭС и внешним фактором, температурой атмосферного воздуха и грунта. В большинстве исследований влияние температуры не учитывается, хотя ее суточные колебания могут вносить большие изменения в значения сопротивлений [2].

Исследования проходили в Кемеровской области, близ города Салаир, на юге Салаирского рудного поля, на хвостохранилище флотационной переработки полиметаллических руд Салагаевский Лог.

На хвостохранилище был выполнен суточный мониторинг значений УЭС. Измерения проводились каждый час в течение 24 часов с 13:00 первого дня, до 13:00 второго дня. Для изучения среды использовалась многоэлектродная элек-

троразведочная аппаратура «Скала-48». Длина профиля составляла 13.8 м, шаг между электродами – 0.3 м. Каждый час проводили измерения температуры вещества отвала с помощью термометра ЛТ-300-Т на глубине 0.1 м около каждого электрода.

На рис. 1 представлен геоэлектрический разрез по кажущимся сопротивлениям в момент первого измерения. Все рисунки и графики построены по кажущимся сопротивлениям для исключения ошибки в данных после инверсии. В представленной части отвала наблюдается высокоомная аномалия в правой части разреза и низкоомная в левой части разреза. Как выяснилось по данным суточных измерений, самые большие скачки сопротивлений происходят в области высокоомной аномалии, а в области с низкими сопротивлениями изменения фактически не происходит. Также было выявлено, что изменения сопротивлений происходят в области аномалии (60 Ом·м) на глубине 1 м, на расстояние 7-9 м вдоль профиля, которые связаны с вариациями УЭС в верхней части разреза. Суточный мониторинг дает возможность разделить геологическую среду на две части: вещества с неизменными в течение суток удельными электрическими сопротивлениями и локальные аномальные зоны с изменяющимися УЭС [3].

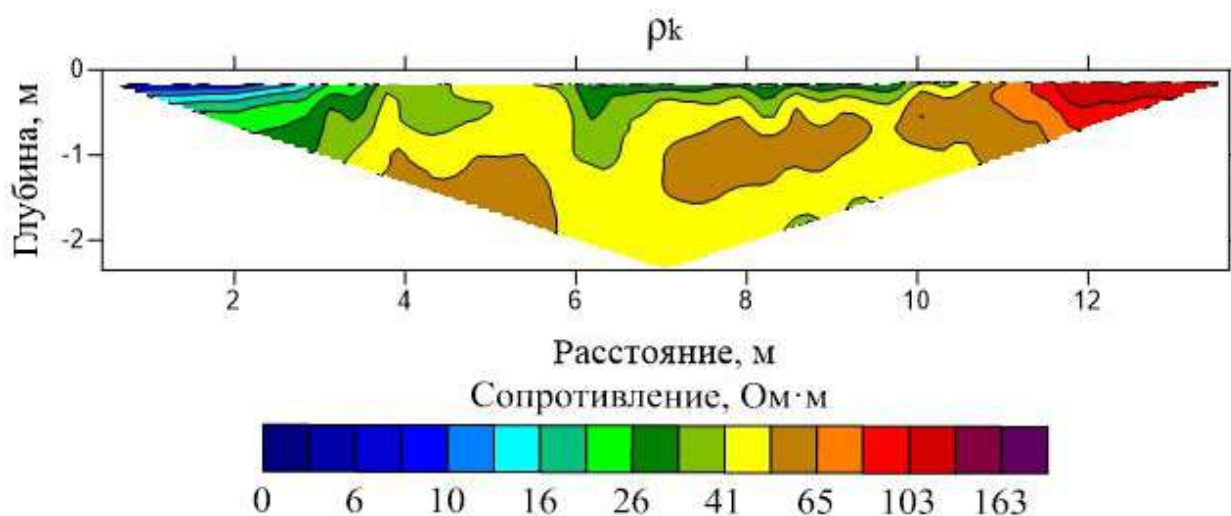


Рис. 1. Геоэлектрический псевдоразрез в начальный этап измерений

Изменения в верхней части разреза связаны с суточными скачками температуры. Как изменялась температура в течение суток показано на рис. 2. Пробелы в данном графике означают, что замеры в это время не были выполнены. Разными цветами обозначена температура на разных пикетах вдоль профиля. Видим, что температурный тренд на разных пикетах одинаков: в 4 часа с начала измерений наблюдается максимум температуры, а на 18 часу – ее минимум.

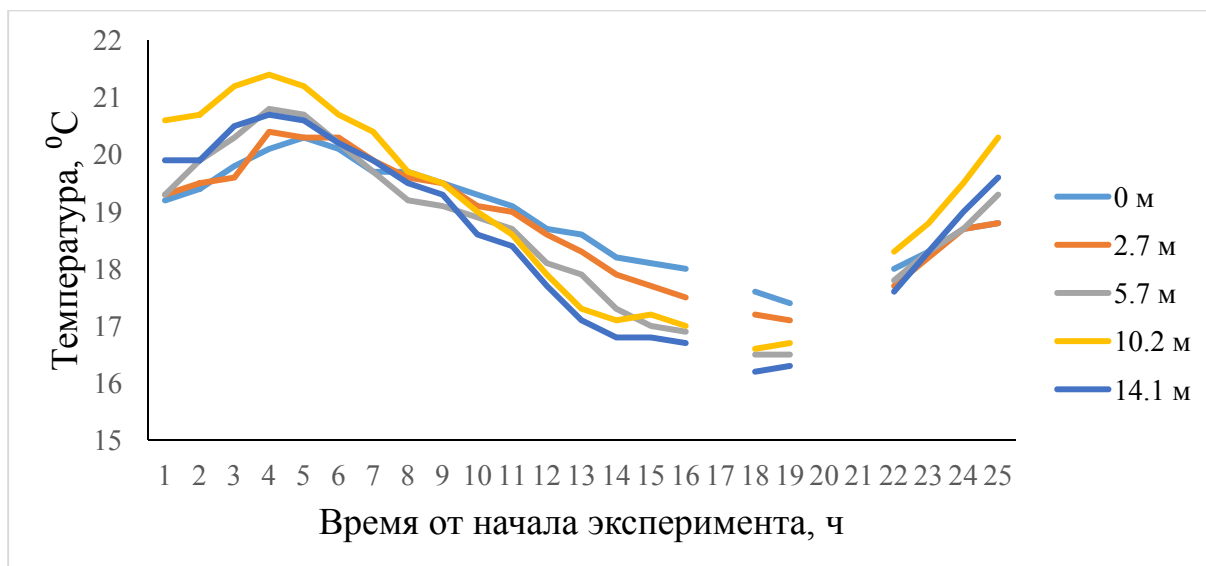


Рис. 2. Суточное изменение температуры на разных пикетах на глубине 0.1 м

Далее был проведен анализ данных на различных глубинах. Для более наглядного показателя изменений УЭС с течением времени на разных пикетах и глубинах, были рассчитаны величины ($\Delta\rho_k$) в каждой N-ой точке разреза как разница между значением УЭС в данный момент времени и УЭС с 7 часа измерений. Данные берутся, начиная с 7 часа измерений, так как до этого момента шел дождь и влияние влаги на верхний слой разреза было гораздо выше, чем влияние температуры.

На рис. 3 показана взаимосвязь УЭС на глубине 0.15 м с изменением температуры. Наблюдается обратная зависимость между УЭС и температурой вещества: при уменьшении температуры на 2-3 градуса $\Delta\rho_k$ увеличивается, а при увеличении температуры вещества – уменьшается. При этом, как было сказано ранее, на дальних пикетах, которые соответствуют высокоомной аномалии (> 11 м), наблюдаются более резкие скачки сопротивлений, нежели на пикетах с низкоомной аномалией (< 3 м). Это связано с тем, что вещества отходов отличаются по плотности: справа порода менее плотная, чем слева.

На рис. 4 представлен график для данных УЭС с глубины 1 м. Как видно из графика, прямого влияния температурных изменений на глубинные данные нет. Предполагается, что глубинные небольшие изменения в сопротивлениях связаны с более значительными изменениями в приповерхностной зоне. Самые сильные изменения по сопротивлениям происходят на 7-8 м вдоль профиля, что соответствует аномальной зоне на разрезе (рис. 1).

После проведения геофизических измерений и построений разрезов по кажущимся сопротивлениям был выкопан шурф шириной 2 м на глубину 2 м на отметке 8 м по профилю. Отвал на опробованном участке сложен серией горизонтальных слоев различной мощности. По шурфу было выделено 4 основные границы на глубинах: 0.2, 0.4, 1, 1.6 м. Однако на геоэлектрическом разрезе

(рис. 1) не выделяются искомые границы слоев, что скорее всего связано с влиянием приповерхностных аномалий в начале и в конце профиля.

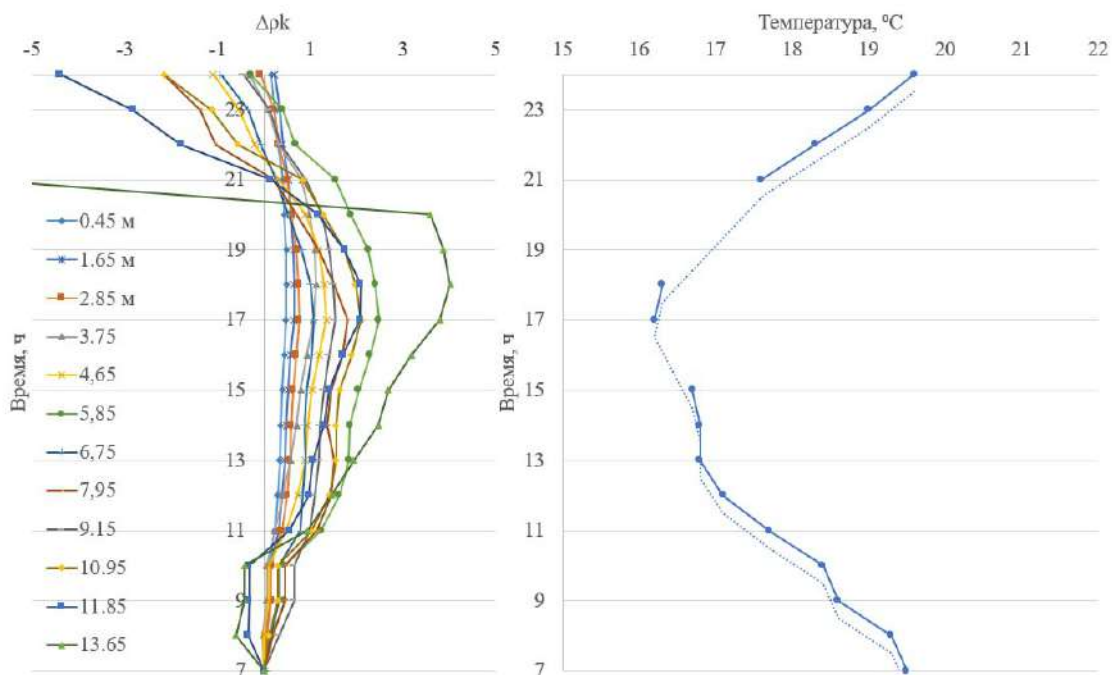


Рис. 3. Относительные изменения УЭС (слева) и температуры грунта (справа) на глубине 0.15 м

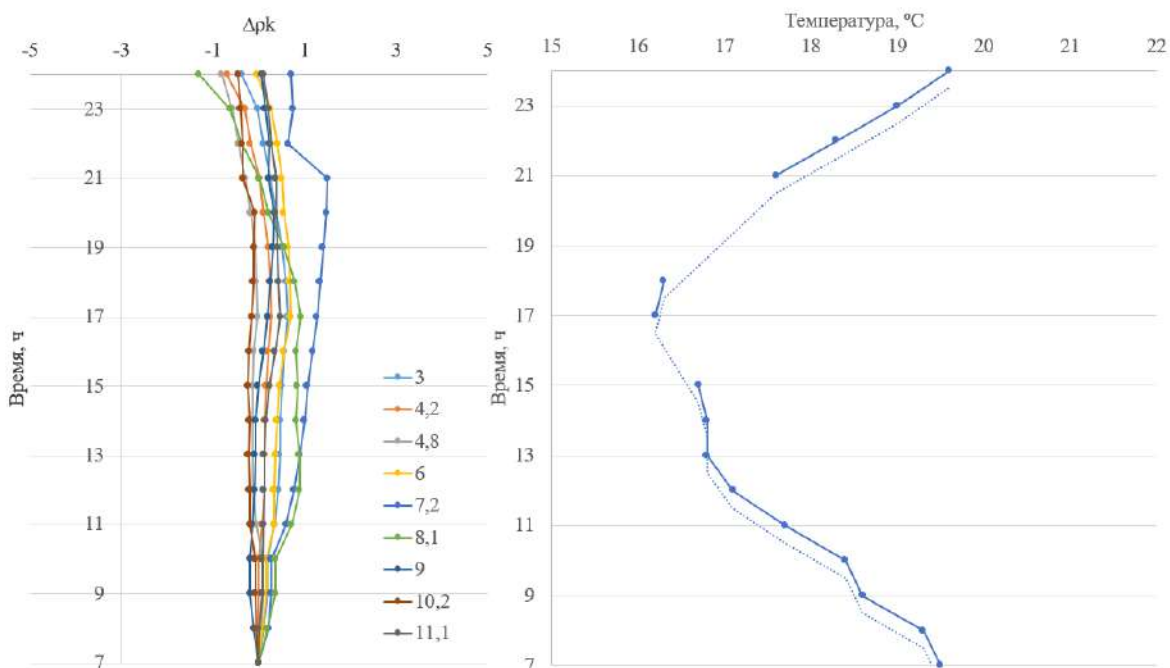


Рис. 4. Относительные изменения УЭС (слева) и температуры грунта (справа) на глубине 1 м

Чтобы показать это влияние, было проведено моделирование в программе Res2dMod. В первую очередь была создана горизонтально-слоистая модель, которая соответствует реальной геологической ситуации на хвостохранилище по данным шурфа (рис. 5, сверху). На рис. 5 внизу представлен псевдоразрез кажущихся УЭС, полученный на основе модельных данных, близкий к геологической реальности.

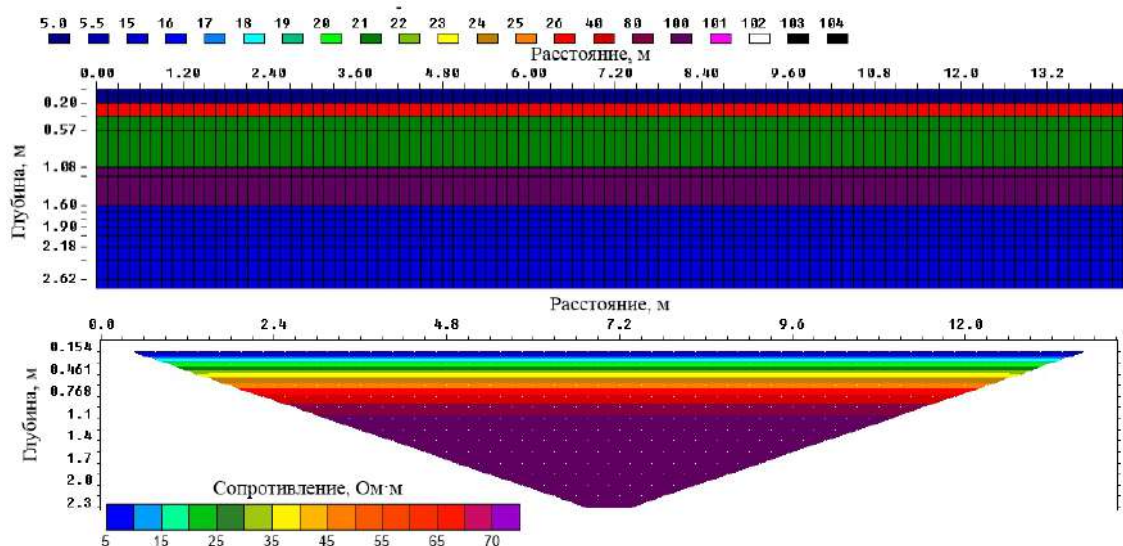


Рис. 5. Моделирование параллельно-слоистой среды

Затем в модель (рис. 6) были добавлены приповерхностные аномалии: слева – низкоомная, справа – высокоомная, что соответствует разрезу по кажущимся сопротивлениям из полевых измерений. Заметим, что разрез сразу принимает другой вид, параллельно-слоистых горизонтов не наблюдается. Появляются вытянутые аномалии от крайних зон разреза на глубину к центральной части разреза. На рисунке 1 также наблюдаются схожие вытянутые аномалии на глубине 1 м на расстояние 7-8 м вдоль профиля. Это говорит о том, что аномалии, которые мы получаем на глубине, связаны с приповерхностными аномалиями. И изменения получаемых по данным электроразведки сопротивлений глубинных зон связаны с изменяющимся со временем сопротивлением верхнего слоя.

Таким образом, внешним физическим воздействием, изменяющим УЭС хвостов в течение суток, является температура грунтов, которая зависит от температуры воздуха, до определенной глубины. Данный вывод согласуется с выводом из работы [4]. Выявлено, что на глубине 0.15 м присутствует обратная связь между УЭС и температурой среды, но на глубине 1 м эта связь практически отсутствует. Также показано, что аномалии, возникающие на глубине и меняющие визуально геоэлектрический разрез, связаны с приповерхностными высоко- и низкоомными аномалиями. В дальнейшем на данном объекте планируется установить глубину, до которой влияние изменений температуры на УЭС значительно.

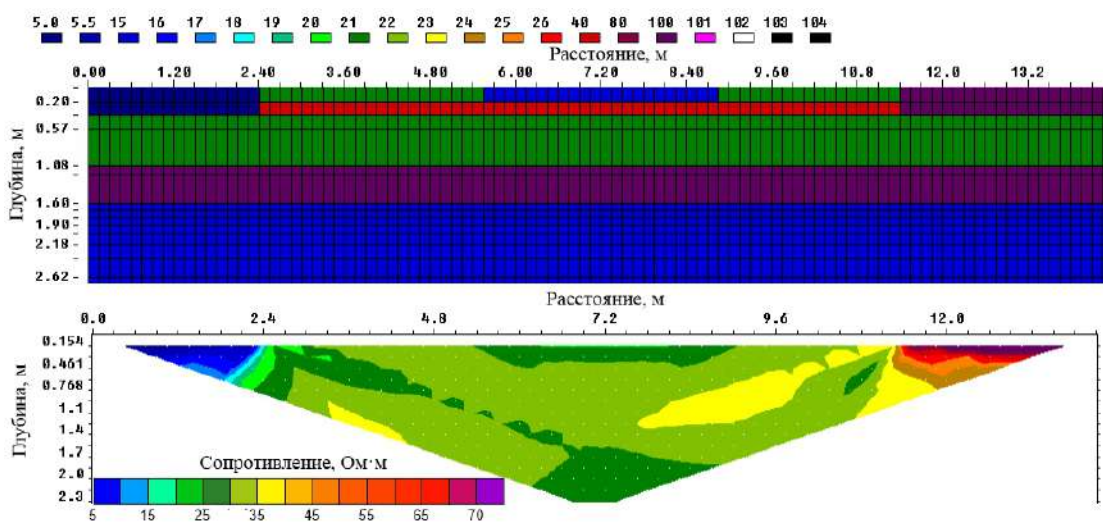


Рис. 6. Моделирование среды с приповерхностными аномалиями

Работа выполнена при поддержке проектов ФНИ № 0266-2019-0008, 0331-2019-0031.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Техногенные озера: формирование, развитие и влияние на окружающую среду. С.Б. Бортникова, О.Л. Гаськова, А.А. Айриянц // Под ред. Г. Н. Аношин. – М.: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. – 120 с.
2. Low temperature dependence of electrical resistivity: Implications for near surface geophysical monitoring / Kevin Hayley, L.R.Bentley, M.Gharibi, M.Nightingale // Geophysical research letters. – 2007. – Vol. 34.
3. Баласаян С. Ю. Динамическая геоэлектрика. – Новосибирск: Наука, 1990. – 232 с.
4. Зависимость удельного электрического сопротивления отходов обогащения от точного хода температуры / П.С. Осипова, В.В. Оленченко, С.Б. Бортникова, Н.В. Юркевич // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология» : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 4. – С. 68–74.

© Т. А. Федорова, Ю. Г. Карин, А. В. Еделев, Н. В. Юркевич,
О. П. Саева, С. Б. Бортникова, 2019