

Учет технологических факторов электролитического заземления при проектировании фундаментов опор ВЛ и иных объектов электроэнергетики



Конференция
Международной Ассоциации Фундаментостроителей
5 – 7 июля 2023 г., Санкт-Петербург

«Опоры и фундаменты для ВЛ: технологии
проектирования и строительства»

Белов Дмитрий Анатольевич,
коммерческий директор ГК «Бипрон»

Введение:

- Для примера, распределительные **электрические сети напряжением 6-10 кВ** (средние) - это одно из старейших технологических решений в России. По сведениям электросетевых компаний, на сегодняшний день эксплуатируются воздушные линии электропередач общей **протяженностью более 1,1 млн км**, распространены случаи, когда протяженность ВЛ **превышают нормативные значения**. Рекомендуемое расстояние между опорами ВЛ – 70 м. Новые ВЛ электропередач вводятся в эксплуатацию в недостаточном объеме. Вместе с этим, с ростом числа потребителей применяется, как вынужденная мера, **превышение дистанции** между опорными столбами. Превышение достигает два и более раз [1].
- В европейской части страны **до 60% ВЛ** были запущены в эксплуатацию **до 1975 года**. Большинство этих электросетей исчерпали свой нормативный эксплуатационный ресурс. По имеющимся данным в России **длительность отключения** подачи электроэнергии составляет **от 70 до 100 часов в год**. Этот показатель **превышает аналогичный** в западных странах практически **в 2 раза**. По сведениям специалистов, **на каждые 100 км ВЛ** электрических сетей ежегодно регистрируются **до 26 отключений** [1].
- **Основные причины аварий**, приводящих к отключению ВЛ среднего напряжения: обрыв провода; **механическое повреждение опор** и изоляторов; физический износ материалов и оборудования; **замыкание на землю (неисправность заземляющего устройства)** и другие технологические и посторонние воздействия.
- В среднесрочной перспективе эффективными станут ВЛ с низким уровнем потерь и высокой пропускной способностью при высокой же протяженности линии. **Для повышения эффективности** существующих и вновь вводимых ВЛ у операторов сетей есть ряд возможностей: в том числе, проведение модернизации и замена элементов инфраструктуры, чей нормативный срок эксплуатации превышен; обеспечение адаптивности сетей к увеличению электрических нагрузок, внедрению новых технологий и автоматизации электросетей и др.

[1] См. «Основные причины аварийных отключений электричества в сетях 6-10 кВ». Электронное издание TEST-energy.ru. URL: https://test-energy.ru/avariynye-otklyucheniya-setey-6-10-kv/?utm_source=mail&utm_medium=digest_teleinfo&utm_campaign=2022_11_23&utm_content=01&utm_term=digest_160&elink=470933570_2988702 (дата обращения 21.11.2022)

Что важно знать об электролитическом (активном, солевом) заземлении «Бипрон»

- Особо эффективно для организации заземляющего устройства (ЗУ) в высокоомных грунтах ($\geq 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$), на сложных почвах (ММГ, скалы, песок и пр.), ограниченный землеотвод;
- Экологически безопасно;
- Не имеет особенностей проектирования с учетом нормативов «солончаковых почв»;
- Исключает все последствия морозного пучения грунта;
- Простота монтажа, нет обслуживания и длительный срок стабильной и безопасной работы (от 30 лет);
- Экономически выгодно, особенно с учетом объемов инженерных работ, экономия составит (в сравнении с традиционным ЗУ):
 - а) на стадии монтажа и ввода в эксплуатацию от 25%;
 - б) за 30-летний срок работы не менее 75%.



Разрушение фундаментов опор ВЛ



Электролитическое заземление обеспечивает повышение проводимости грунта (уменьшение удельного сопротивления) путем рассеивания раствора смеси электролитических солей (электролита) из внутреннего модуля электрода наружу через специальную перфорацию. Применение данной технологии дополнительно приводит к понижению температуры промерзания грунта.

Основные элементы Electrode заземляющего комплектного «Бипрон»:

1. **Электрод** - труба цельная со специальной перфорацией $\varnothing 60/70$ мм L = 1÷12 м вертикального / горизонтального типа с винтовой крышкой и донцем; заполненная в заводских условиях виброспособом **электролитическим модулем**. Запатентованная форма перфорации и особенность состава модуля регулируют скорость его растворения. Выбор марки нержавеющей стали трубы в зависимости от состава модуля (галогенидный с ингибитором – «+И» / кристаллогидратный «К») отвечает требованиям коррозионной стойкости на весь срок эксплуатации от 30 лет.

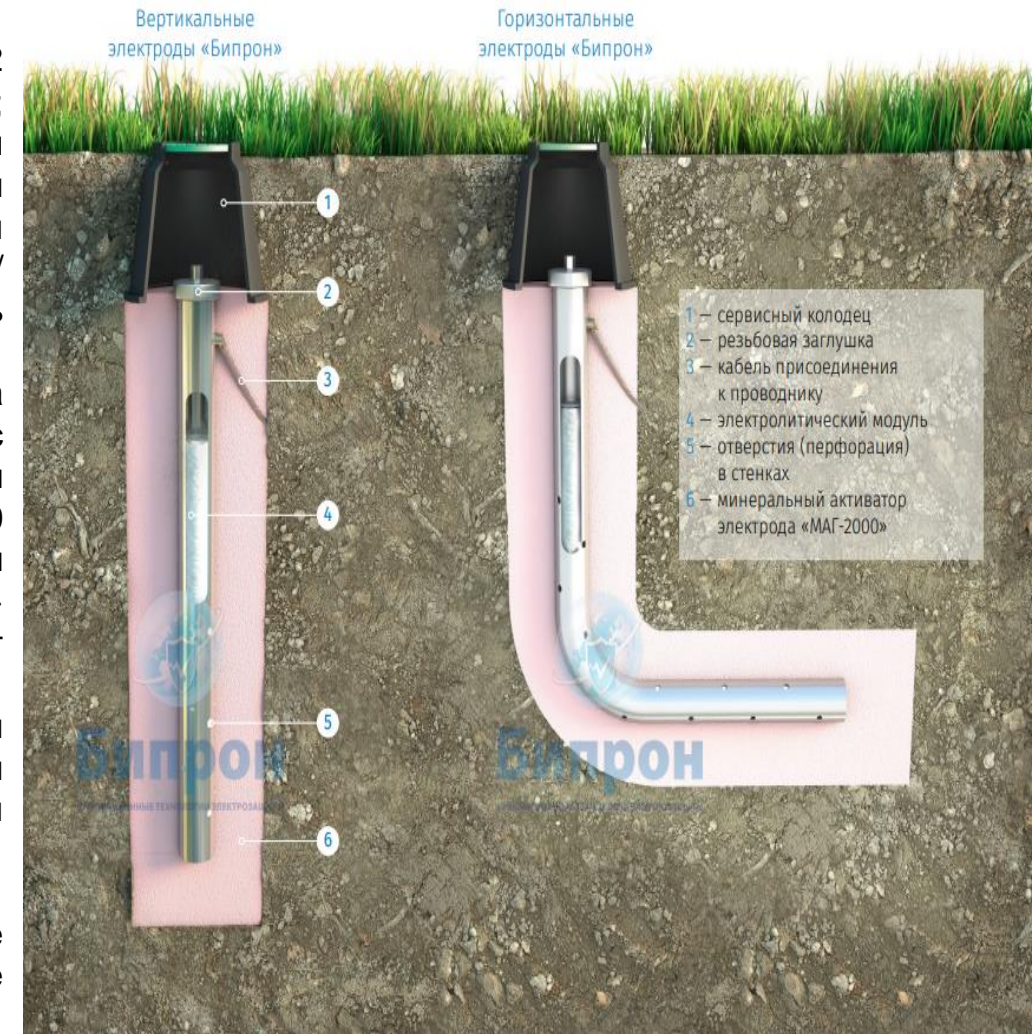
2. Смесь, нормализующая заземление – **минеральный активатор грунта «МАГ-2000»**. Выемка местного грунта и его частичная замена на МАГ с расчетным удельным сопротивлением $\rho \leq 0,5$ Ом•м в месте расположения заземлителя снижает его сопротивление (фактическое сопротивление $\rho_{\text{маг}} \leq 0,09$ Ом•м, согласно протоколу испытаний РГУ нефти и газа (НИУ, г. Москва) имени И.М. Губкина от 05.10.2018 № 143-18). Состояние активатора «смаст-гель» исключает эффекты морозного пучения грунта, сохраняет влагу, препятствует коррозии и влиянию блуждающих токов. Рабочий диапазон температур $\pm 60^\circ\text{C}$.

3. **Способ присоединения** к горизонтальному проводнику (магистральной шине): полоса сечением ≥ 90 кв.мм, для сварного соединения (по ПУЭ для промобъектов - антивандальный вариант) или медный провод МГ95, для болтового соединения (для домохозяйств).

4. **Инспекционный колодец**.

Заземлители располагаются в ряд или по контуру на расстоянии не менее 2,2 их длины и соединяются стальной полосой. Допускается уменьшение расстояния до 1,0 длины рабочего тела заземлителя.

Кратко о технологии «Бипрон»



Какие технологические факторы электролитического заземления необходимо учитывать при проектировании.

1. Коррозионная стойкость металла электрода

Электроды **Бипрон** изготавливаются из стали той необходимой марки по ГОСТ (AISI), которая обеспечит подтвержденный 30-летний срок необслуживаемой эксплуатации с учетом состояния коррозионной среды.

Так, например, сталь марки 316L по AISI (так называемая «морская сталь», содержит ^{42}Mo) применяется с соляным **модулем марки «+И» на основе хлоридов с добавлением ингибитора**, что регламентировано для ЗУ ГОСТ Р 50571.5.54-2013 / МЭК 60364-5-54:2011. Только в таком исполнении изделие способно обеспечить гарантированный срок службы вне зависимости от толщины стенки трубы.

В результате собственной НИР создан абсолютно коррозионно нейтральный модуль марки «К», который изготавливается по без хлоридной технологии, имеет структуру медленно растворимого кристалла и позволяет сохранить требуемую эффективность ЗУ в течение всего длительного срока эксплуатации.

Применение **в аналогах** конкурентов сталей оцинкованной, нержавеющей иных марок и контактирующих с соляным модулем на основе коррозионно агрессивных хлоридов (галогенида NaCl), приводит к скорой питтинговой коррозии обширных поверхностей, быстрому разрушению молекулярной структуры металла и разложению электрода, даже с толщиной стенки до 4 мм срок его эксплуатации не превысит 3-4 лет. Поэтому длительный срок эксплуатации изготовленного из нее солевого заземлителя невозможен.

См. ОАО «ФСК ЕЭС», СТО 56947007- 29.130.15.105-2011, рис. 13 Зависимость глубины коррозии стальных заземлителей (δ_{cp}) от времени для различных коррозионных зон.



2. Риски образования солончаковых почв, зона талика

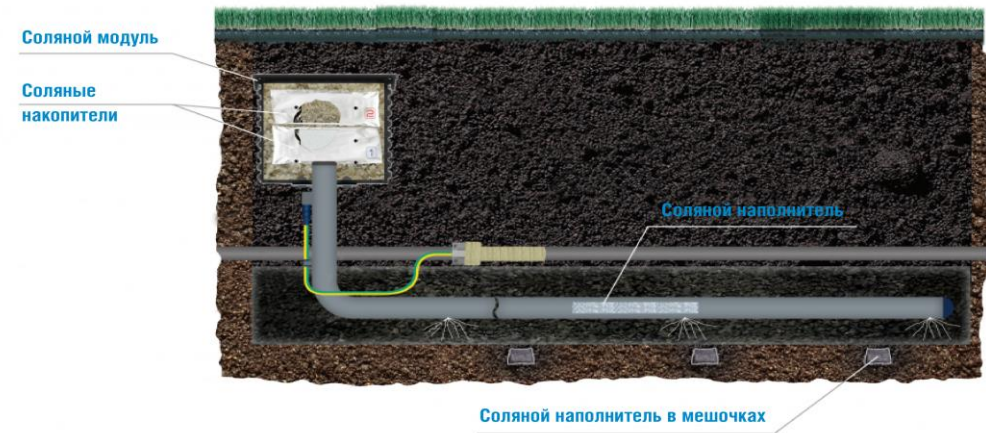
а) варианты конкурентной продукции

К солончакам относятся засоленные почвы, содержащие в слое 0...30 см более 0,6% соды, или **более 1% хлоридов**, или более 2% сульфатов. Если такое же количество солей находится глубже 30 см, то почвы называются *солончаковыми*.

Вес 1 м³ земли (в среднем) – 1450 кг
При длине электрода 3 метра:



- вес комплекта – 442 кг, в том числе **хлоридов** – не менее **155 кг**,
- Объем траншеи 0,77 м³ – 1116,50 кг земли.
- Норма до 11,17 кг хлоридов (1%). **Здесь 13,88%**
- Зона талика не известна (модель 2019 г.)



- вес комплекта – 327 кг, в том числе **хлоридов** – не менее **38,5 кг**,
- Объем траншеи 0,29 м³ – 420,50 кг земли.
- Норма до 4,21 кг хлоридов (1%). **Здесь 9,14%**
- Зона талика не регламентирована (не управляема).

б) варианты ЭЗК Бипрон

Электрод заземляющий комплектный:

- электрод $L = 3,0$ м: $d = 60$ мм - $19,0 \pm 2,0$ кг, $d = 70$ мм - $23,5 \pm 2,0$ кг, с соляным модулем;
- МАГ-2000 – 120 кг.

Итого: вес комплекта – 140 / 145 кг, в том числе **хлоридов**

– не менее **10 / 12,5 кг** (модуль марки «+И»),

- Объем траншеи $0,28$ м³ – 406 кг земли.
- Норма до 4,06 кг хлоридов (1%).
- **Здесь 2,46 / 3,08%**

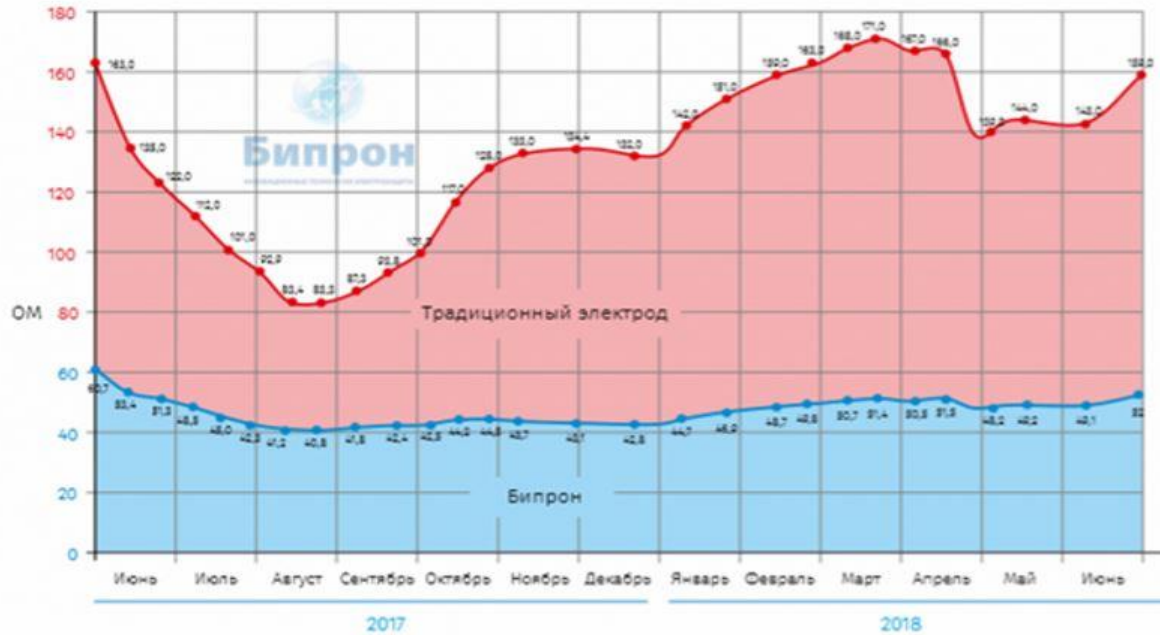


Рис. График стабильности сопротивления ЗУ из ЭЗК Бипрон по сравнению с традиционным контуром, фактические замеры ОПЭ за 2 года

Соляные модули различных модификаций разработаны с учетом особенностей грунтов и влагонасыщенности.

- **модуль марки «+И»** модифицирован ингибитором галогенидного технологического состава, существенно снижает расход солей для образования электролита.

- **модуль марки «К»** абсолютно коррозионно нейтральный к металлам, изготавливается по **без хлоридной технологии**, имеет структуру медленно растворимого кристалла и позволяет сохранить требуемую эффективность ЗУ в течение всего длительного срока эксплуатации.

Срок службы этих модулей соответственно в 8 и 10 раз дольше, по сравнению с составом технологических солей той же массы (равен примерно 80-100 кг обычного соляного состава на основе коррозионно агрессивных хлоридов (галогенида NaCl) для электрода длиной 3 м. Объем наполнителя технологически достаточный.

Благодаря «МАГ-2000» (смарт-гель) зона талика не выходит за пределы скважины (практически отсутствует).

3. Минеральный активатор грунта (грунтовой катализатор)

а) последствия морозного пучения почв, удельное электрическое сопротивление

Бипрон - «МАГ-2000»

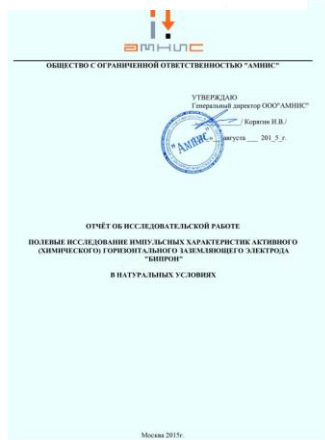
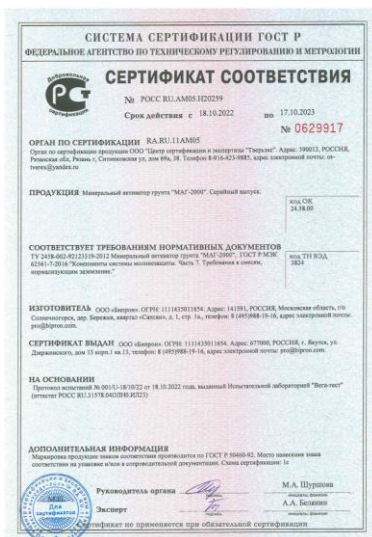
- Минеральный активатор грунта, изготавливаемый по инновационной запатентованной формуле «смарт - гель», лучше удерживает влагу вокруг электрода вне сезонных изменений структуры грунта.
- Обладает хорошей адгезией к телу заземлителя, гелеобразная структура способствует замедленному, плавному и равномерному выщелачиванию соляного модуля в почву, продлевает срок работы, особенно во влажных грунтах.
- Широкий рабочий температурный диапазон: $\pm 60^{\circ}\text{C}$ - позволяет применять во всех климатических зонах.
- Проверенная инновация, подтвержденная РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина (г. Москва) на 30-лет работы, полностью исключает проблемы морозного пучения почвы.
- Подтверждено, что $\rho_{\text{маг}} \leq 0,09 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. При использовании в обосновывающих расчетах ЗУ условного удельного электрического сопротивления грунтового заполнителя $\rho \leq 0,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ получаем, что «МАГ» имеет 5,6-кратный расчетный запас, т.е. продукция «Бипрон» почти в 2,5 раза эффективнее конкурентов только по электротехническим показателям.
- Обоснованный объем активатора в технологии «Бипрон» в 1,5-2 раза меньше, чем в конкурентной продукции. Это позволяет значительно снизить транспортные расходы и уменьшить объем инженерных работ.

варианты конкурентной продукции

- Аналогов технологии Бипрон не существует!
- Основным отличием конкурентной засыпки является то, что со временем, иногда совсем непродолжительным, она высыхает и отвердевает, образуя бентонитовый кокон. Дальнейшие сезонные изменения грунта приводят к нарушению целостности связей электрода с почвой (образование воздушных полостей, выталкивание электрода из грунта, неравномерность выщелачивания соляного модуля и т.п.), как следствие - сезонная и общая нестабильность ЗУ, необходимость дополнительных затрат для создания в контуре нормируемого показателя сопротивления. Такие ЗУ подвержены отрицательным последствиям пучения почвы.
- Предполагаемые «аналоги» имеют показатель удельного сопротивления в среднем $\rho \leq 0,22 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, т.е. чуть более 2,3-кр. запас расчета проводимости.



б) уникальный инновационный продукт



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина»	
Монографический отчет о результатах испытаний на соответствие Т.Э.	Стр. 1
Издания 1	Программа испытаний по договору № 143-18 от 06.06.2018 г.
Экземпляр №	



Протокол № 143-18/06.06.2018 г.
 результатов испытания по договору № 143-18 от 06.06.2018 г.
 с ООО «Бипрон»

Исполнительный директор МЦИМ ГЭК,
 зав. кафедрой ТИТРИГО, д.т.н., проф. О.Ю. Елагина

Москва, 2018



Испытание параметров		
Испытательный образец	Испытательный образец	Испытательный образец
Испытательный образец	Испытательный образец	Испытательный образец
Испытательный образец	Испытательный образец	Испытательный образец
Испытательный образец	Испытательный образец	Испытательный образец

- Практикой установлено, что снижение количества МАГ в 1,5 – 2 раза, используемого для частичного замещения грунта при монтаже магистральной шины, повышает эффективность полосу на 30% и защищает металл от коррозии, что в 3 – 5 раз уменьшает количество полосы, подлежащее замене (коррозия 50% и более) при ревизии. Применение данной технологии является рекомендацией производителя.
- Необходимо отметить, что основанный на отчетах о длительных опытно-промышленной эксплуатации и подтвержденный отзывами Потребителей многолетний опыт производства показал, что в течение периода стабилизации после ввода в эксплуатацию и первого года работы показатели сопротивления ЗУ из ЭЗК «Бипрон», улучшаются как минимум на 15%, а иногда более чем в 2 раза.

Группа компаний «Бипрон»

- ГК «Бипрон» (ООО - г. Якутск, АО - г. Москва, ОП – Московская обл.) осуществляют полный цикл разработки и изготовления продукции на собственном производстве (вплоть до транспортной упаковки). Производственная площадка расположена в ближнем Подмосковье: общая площадь базы 2 га, в том числе производственных площадей более 1500 м². Производительность на сегодняшний день до 1500 комплектных изделий в месяц. За счет внедрения современных процессов автоматизации производства и снижения издержек, наша группа способна предложить конкурентные цены, при высочайшем качестве собственной продукции.

- Вся продукция изготавливается из сырья и комплектующих только российского происхождения (полное импортозамещение в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 16.09.2016 № 925 (ред. от 10.07.2019) «О приоритете товаров российского происхождения, работ, услуг, выполняемых, оказываемых российскими лицами, по отношению к товарам, происходящим из иностранного государства, работам, услугам, выполняемым, оказываемым иностранными лицами»).



Тематические публикации «Бипрон»

- «Особенности заземления электроустановок в вечномерзлых и других грунтах с изолирующим основанием, проблемы и способы их решения. Концепция «Бипрон». Журнал «ФУНДАМЕНТЫ» № 4/2021. С. 56-57. URL: <https://energybase.ru/news/articles/features-of-grounding-electrical-installations-in-permafrost-and-other-soils-wit-2022-08-18>
- «Некоторые способы увеличения коррозионной устойчивости в технологии электролитического заземления.» Журнал «Коррозия. Территория НЕФТЕГАЗ» № 1(47)/2022. С. 66-67. URL: <https://disk.yandex.ru/d/Pv4pAs5DO56Xgw>; <https://energybase.ru/news/articles/ways-to-increase-corrosion-resistance-in-electrolytic-grounding-technology-2022-08-16>
- «Инновации электролитического заземления: что это и как применить?». Журнал «ЭНЕРГОТЕХ ЭКСПО» № 22/2022. С. 48-49. URL: <http://eg22.prompages.ru>; <https://energybase.ru/news/articles/innovations-of-electrolytic-grounding-what-is-it-and-how-to-apply-it-2022-08-22>
- «КоммерЦЪ»: как нас могут незаметно обмануть. Разберемся вместе». Журнал «НЕФТЕГАЗ ЭКСПО» № 22/2022. С. 9. URL: <http://ne24.prompages.ru>; <https://energybase.ru/news/articles/kommers-how-we-can-be-imperceptibly-deceived-lets-figure-it-out-together-2022-09-05>
- «КоммерЦЪ»: как правильно выбрать электролитическое заземление. Рассудим сообща». Журнал «ЭНЕРГОТЕХ ЭКСПО» № 23/январь/2023. С. 56-57. URL: <http://eg23.prompages.ru>
- «КоммерЦЪ»: Молниезащита по-новому. Изучаем опыт – создаем инновации». Журнал «НЕФТЕГАЗ ЭКСПО» № 25/март/2023. С. 84-85. URL: <http://eg25.prompages.ru>;
- «КоммерЦЪ»: Технологии электролитического заземления». Газета «Энергетика и промышленность России» № 07(459) апрель 2023. С. 28. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/articles/kommerts-tehnologii-elektroliticheskogo-zazemleniya.htm>
- «КоммерЦЪ»: разбираемся в ошибках заземления». Журналы «ЭНЕРГОТЕХ ЭКСПО» № 24/июнь/2023. С. 46-47 и "ЭКСПОЗИЦИЯ НЕФТЬ ГАЗ". № 4/июнь/2023 . URL: <http://eg24.prompages.ru> и <https://2023.runeft.ru/4/bipron>

Благодарим за внимание

Группа компаний «Бипрон»
является Российским производителем
инновационных систем заземления,
молниезащиты и ЭХЗ.

ПРИГЛАШАЕМ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ
К СОТРУДНИЧЕСТВУ

т. +7495.988 1916

т. +7906.7222 550

mail: info@bipron.com

www.bipron.com

