

РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

PROMOTIONAL MATERIALS

doi: 10.31615/j.corros.prot.2023.108.2-6

**Инновационные подходы защиты трубопроводов от коррозии
внутренней стенки способом знакопеременной поляризации**

Д.Э. Дрындрожик, С.И. Бойко✉

ООО «ЛИДЕР НК»,
РФ, 115280, г. Москва, ул. Велозаводская, д. 13, стр. 2

e-mail info@lider-nk.ru

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме – противокоррозионной защите металлических трубопроводов (магистральных, технологических, скважинных колонн, шлейфов). Рассмотрены недостатки и достоинства существующих в настоящее время базовых методов защиты металлов от коррозии.

Рассмотрены вопросы возможного негативного воздействия катодной защиты на внутреннюю стенку трубопровода при транспортировке коррозионно-агрессивных продуктов.

Представлены две схемы катодной защиты (КЗ) трубопровода без внутреннего электролита и КЗ трубопровода с внутренним электролитом. На схемах стрелками указано распределение защитного тока $I_{\text{защ}}$ от анодного заземления (АЗ) в цепи «труба–земля». Показано в схеме 2 как ток распределяется по проводнику 1-го рода – металлической стенке $I_{\text{защ.мет}}$ и по проводнику 2-го рода – электролиту $I_{\text{защ.электр}}$, что приводит за счет электролиза, к электрокоррозии внутренней стенки металлического трубопровода в среде электролита под действием внешнего электрического поля.

Авторами предложен способ защиты трубопроводов, подверженных коррозии внутренней и внешней стенок, для одновременной антикоррозионной защиты внутренней и внешней поверхностей металлических трубопроводов (Патент РФ № 2533467, 30.10.2012, Бойко С.И., Петров А.В. Способ антикоррозионной защиты внутренней и внешней поверхностей металлических трубопроводов наложением переменного тока).

Описан принцип действия противокоррозионной защиты наложением переменного тока. Кратко изложена суть влияния слабого переменного тока на кинетику коррозионного процесса.

Приведены основные преимущества метода по сравнению с традиционными методами ЭХЗ.

Ключевые слова: коррозия, катодная защита, поляризация, переменный ток, гальванические пары, проводники 1 рода, 2 рода, электролит, анодное заземление, вставка электроизолирующая.

Для цитирования: Дрындрожик Д.Э., Бойко С.И. Инновационные подходы защиты трубопроводов от коррозии внутренней стенки способом знакопеременной поляризации // Практика противокоррозионной защиты. – 2023. – Т. 28, № 2. – С. 52-58. doi: 10.31615/j.corros.prot.2023.108.2-6

Статья получена 23.03.2023, опубликована 01.06.2023.

**Innovative approaches to protecting pipelines from corrosion
of the inner wall by alternating polarization method**

D.E. Dryndrozhik, S.I. Boyko✉

LEADER NK LLC,
p. 2, 13, Velozavodskaya str., Moscow, 115280, Russian Federation

e-mail info@lider-nk.ru

Abstract. The article is devoted to an actual problem - anti-corrosion protection of metal pipelines (main, technological, downhole columns, plumes). The disadvantages and advantages of the currently existing basic methods of protecting metals from corrosion are considered.

The issues of possible negative impact of cathodic protection on the inner wall of the pipeline during transportation of corrosive products are considered. Two schemes of cathodic protection of a pipeline without an internal electrolyte and a pipeline with an internal electrolyte are presented. In the schemes, the arrows indicate the distribution of the protective current I_{protect} from anode grounding in the pipe-to-ground circuit. It is shown in scheme 2 how the current is distributed along the conductor of the 1st kind - a metal wall $I_{\text{protective metal}}$ and along the conductor of the 2nd kind - electrolyte $I_{\text{protective electr}}$, which leads due to electrolysis to electrocorrosion of the inner wall of the metal pipeline in the electrolyte environment under the action of an external electric field.

The authors have proposed a method for protecting pipelines subject to corrosion of the inner and outer walls, to apply a method for simultaneous anticorrosive protection of the inner and outer surfaces of metal pipelines (RF Patent No. 2533467, 30.10.2012., Boyko S.I., Petrov A.V., A method for anticorrosive protection of the inner and outer surfaces of metal pipelines by applying alternating current).

The principle of operation of anti-corrosion protection by applying alternating current is described. The essence

of the influence of weak alternating current on the kinetics of the corrosion process is briefly described. The main advantages of the method in comparison with traditional methods are given.

Keywords: corrosion, cathodic protection, polarization, alternating current, galvanic couples, conductors of the 1st kind, 2nd kind, electrolyte, anode grounding, electrical insulatin.

For citation: Dryndrozhik, D. E., Boyko, S. I. (2023). Innovative approaches to protecting pipelines from corrosion of the inner wall by alternating polarization method. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 28(2), 52-58. doi:10.31615/j.corros.prot.2023.108.2-6

Received March 23, 2023. Published June 01, 2023.

Введение

Коррозия металла труб происходит как снаружи, под воздействием почвенного электролита (в почве всегда находится влага и растворённые в ней соли), в водных средах – под воздействием пресной и морской воды, так и внутри, вследствие примесей влаги, сероводорода и солей, содержащихся в транспортируемом продукте.

Современная защита металлов от коррозии базируется на следующих методах.

1. Повышение химического сопротивления конструкционных материалов;
2. Изоляция поверхности металла от агрессивной среды;
3. Понижение агрессивности производственной среды;
4. Снижение коррозии наложением внешнего тока (электрохимическая защита).

Первые два метода обычно реализуются до начала производственной эксплуатации металлоизделия (выбор конструкционных материалов и их сочетаний еще на стадии проектирования и изготовления изделия, нанесение на него гальванических и иных защитных покрытий).

Последние два метода, напротив, могут быть осуществлены только в ходе эксплуатации металлоизделия (пропускание тока для достижения защитного потенциала, введение в технологическую среду специальных добавок-ингибиторов) и не связаны с какой-либо предварительной обработкой до начала использования.

Согласно ГОСТ Р 51164-98, защита внешней стенки трубопроводов от коррозии должна осуществляться при всех способах прокладки, кроме надземной. Трубопроводы подлежат комплексной защите от коррозии защитными покрытиями и средствами электрохимической защиты, независимо от коррозионной агрессивности грунта. Таким образом, трубопроводы в системах сбора и транспорта нефти также подлежат защите от коррозии защитными покрытиями и сред-

ствами электрохимической защиты (ЭХЗ). Однако в отличие от газотранспортных трубопроводов, нефтепроводы, по которым перекачиваются многофазные системы «газ-нефть-вода», подвергаются и коррозии внутренней стенки.

Рассмотрим две эквивалентные схемы катодной защиты (КЗ) подземных металлических трубопроводов. *Рис. 1* – КЗ трубопровода без внутреннего электролита и *рис. 2* – КЗ трубопровода с внутренним электролитом, где СКЗ – станция катодной защиты, АЗ – анодное заземление.

На *рис. 1* ток катодной защиты $I_{\text{защ}}$ от АЗ натекает по окружающему почвенному или водному электролиту на внешнюю стенку металлического трубопровода и замыкается через нее в точке дренажа на минус СКЗ. При этом, так как внутренний электролит отсутствует, этот ток не распределяется и его цепь сосредотачивается только по металлической стенке.

На *рис. 2* ток катодной защиты $I_{\text{защ}}$ от АЗ натекает по окружающему почвенному или водному электролиту металлический трубопровод на внешнюю стенку и замыкается через нее на минус СКЗ. При этом, так как внутренний электролит присутствует (транспортируемый агрессивный продукт), этот ток распределяется по проводнику 1-го рода – металлической стенке $I_{\text{защ,мет}}$ и по проводнику 2-го рода – электролиту $I_{\text{защ,электр}}$. Оба тока замыкаются в точке дренажа на минус СКЗ.

Анодными зонами с более положительным потенциалом (в обычной коррозии анод отрицательней катода) в схеме 2 являются места на внутренней стенке трубопровода, где ток $I_{\text{защ}}$ распределяется на $I_{\text{защ,мет}}$ и $I_{\text{защ,электр}}$ и протекает по двум проводникам 1-го и 2-го рода.

И наоборот, катодные зоны для внутренней стенки трубы являются местом входа тока $I_{\text{защ,электр}}$ в трубу в точке дренажа. Таким образом, можно считать, что за счет внешнего тока происходит электролиз – окисли-

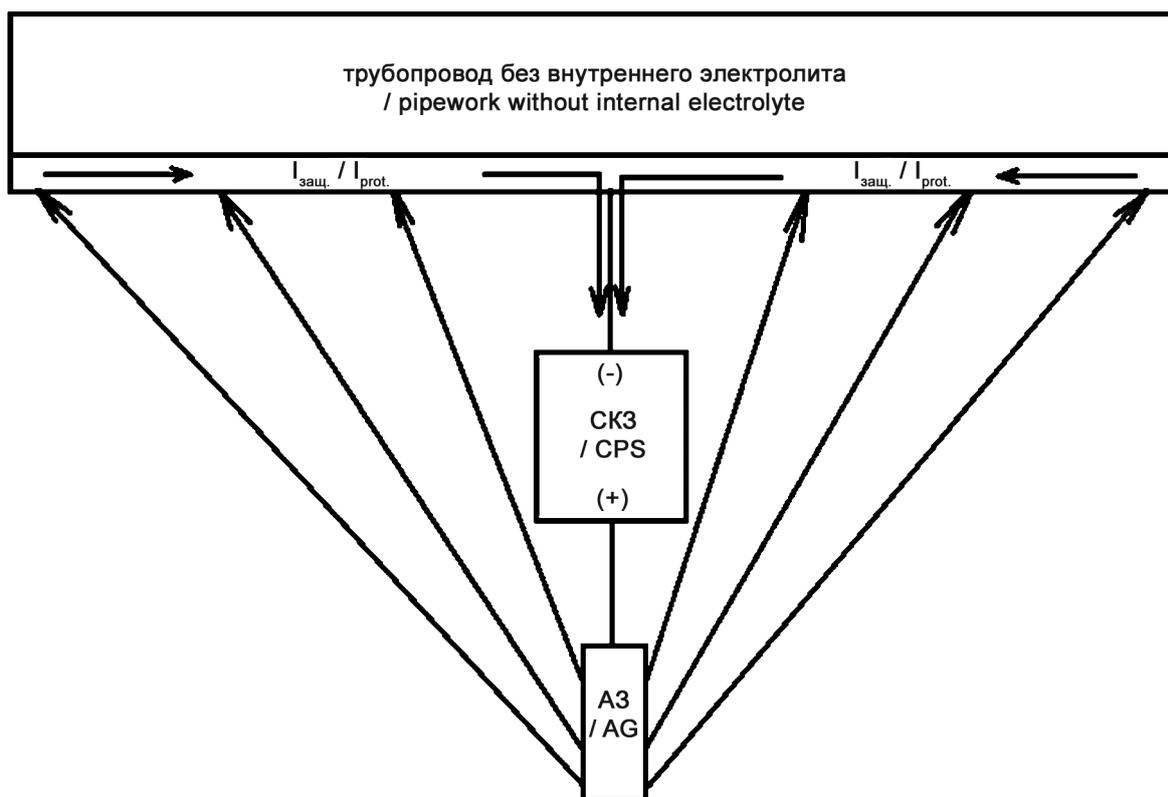


Рис. 1. Схема КЗ трубопровода без внутреннего электролита

Fig. 1. Scheme of cathodic protection (CP) of the pipeline without internal electrolyte

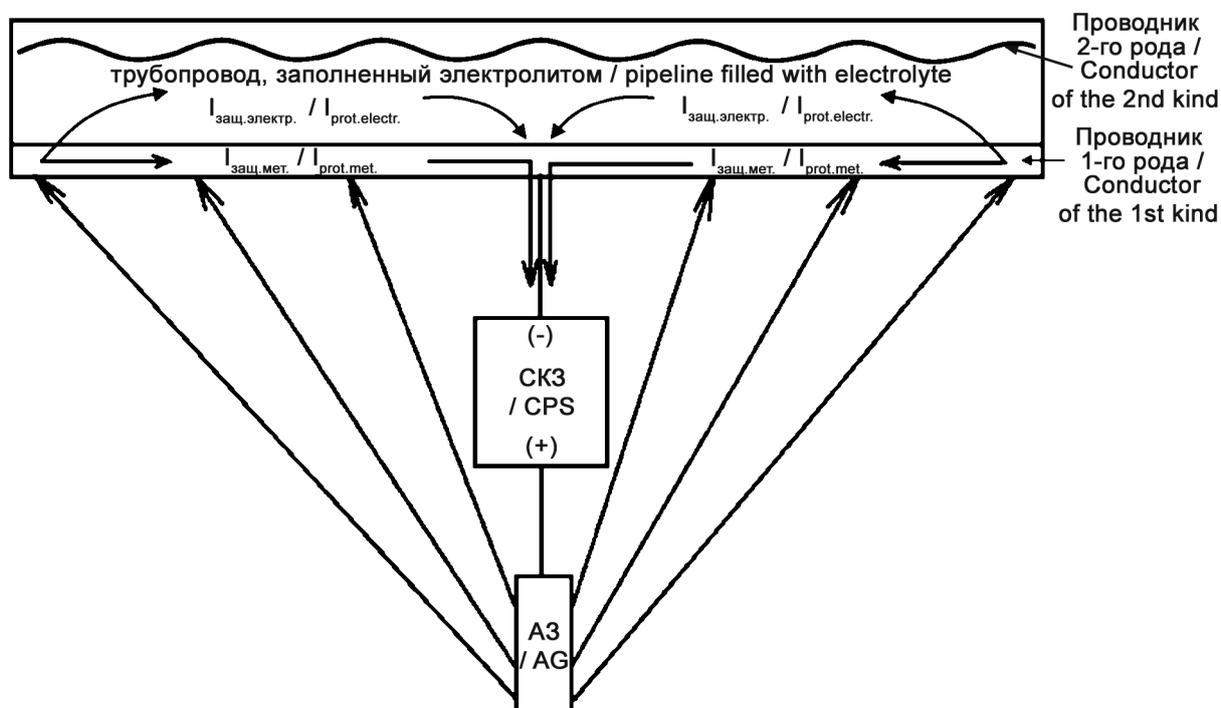


Рис. 2. Схема КЗ трубопровода с внутренним электролитом

Fig. 2. Scheme of cathodic protection (CP) of the pipeline with an internal electrolyte

тельно-восстановительный процесс, протекающий на электродах – анодно-катодных зонах, при прохождении постоянного электрического тока через раствор транспортируемого электролита. Следовательно, возникает электрокоррозия внутренней стенки металлического трубопровода в среде электролита под действием внешнего электрического поля, разрушающая анодные зоны, причем, источником этого разрушения является наложенный ток СКЗ, защищающий внешнюю стенку от коррозии, от воздействия окружающего трубопровод почвенного или водного электролита.

Из вышеизложенного следует, что в схеме 2 (рис. 2), при транспортировке по трубопроводу коррозионноагрессивных продуктов, катодная защита может спровоцировать внутреннюю электрокоррозию.

Защита промышленного трубопроводного транспорта скважинной продукции от коррозии – одна из ключевых задач, с которыми ежедневно сталкивается нефтегазодобывающая отрасль. Экстремальные условия, постоянное воздействие агрессивных сред, предоставляют массу возможностей для появления коррозии.

В настоящее время на территории России эксплуатируется 350 тыс. км промышленных трубопроводов. Ежегодно на нефтепромышленных трубопроводах происходит около 50...70 тыс. отказов. 90% отказов являются следствием коррозионных повреждений.

Из общего числа аварий 50...55% приходится на долю систем нефтесбора и 30...35% – на долю коммуникаций поддержания пластового давления. 42% труб не выдерживают пятилетней эксплуатации, а 17% – даже двух лет. На ежегодную замену нефтепромышленных сетей расходуется 7...8 тыс. км труб или 400...500 тыс. тонн стали.

Существующая схема эксплуатации большинства месторождений с поддержанием пластового давления за счет закачки в пласт сточной воды способствует повышению агрессивности среды, в которой "работают" трубы при добыче и транспортировке сырья. По данным ОАО "ВНИИТнефть", за последние пять лет из-за увеличения обводненности добываемой нефти скорость коррозии трубопроводов возросла с 0,04 до 1,2 г/м²·час. Сейчас нефтяники считают тру-

бопроводы миной замедленного действия, которая может "взорваться" в любой момент.

Очевидно, что применяемые в настоящее время методы ингибиторной защиты не могут решить проблемы полностью. Добиться повышения надежности и снижения аварийности промышленных трубопроводов можно только за счет применения комплексных мер.

Поэтому авторы статьи рекомендуют для трубопроводов, подверженных коррозии внутренней и внешней стенок, применять способ одновременной антикоррозионной защиты внутренней и внешней поверхностей металлических трубопроводов (Патент РФ №2533467, 30.10.2012., Бойко С.И., Петров А.В. Способ антикоррозионной защиты внутренней и внешней поверхностей металлических трубопроводов наложением переменного тока).

Принцип действия противокоррозионной защиты наложением переменного тока представлен на рис. 3. На рис. 3 «+» и «-», соответственно, изображены катодные и анодные зоны, образующие коррозионные гальванические пары, как на внутренней стенке металлического трубопровода, так и на внешней.

Устройство знакопеременной поляризации (УЗП) подключается к участкам трубопровода, электрически разделенным вставкой электроизолирующей (ВЭИ).

Работа УЗП позволяет подавить активность коррозионных пар как на наружной, так и на внутренней стенке, так как период знакопеременного воздействия наложенного тока УЗП сравним с характерными временами образования гальванических пар в гетерогенно распределенном двойном электрическом слое по поверхности защищаемых участков трубопровода, при специально подобранных параметрах прикладываемого значения амплитуды поляризации.

Технико-экономический эффект от применения антикоррозионной защиты внутренней и внешней поверхностей металлических трубопроводов способом наложения переменного тока достигается исключением дополнительных капитальных затрат на обустройство анодных полей, снижением энергопотребления.

Основные преимущества метода по сравнению с традиционными методами ЭХЗ

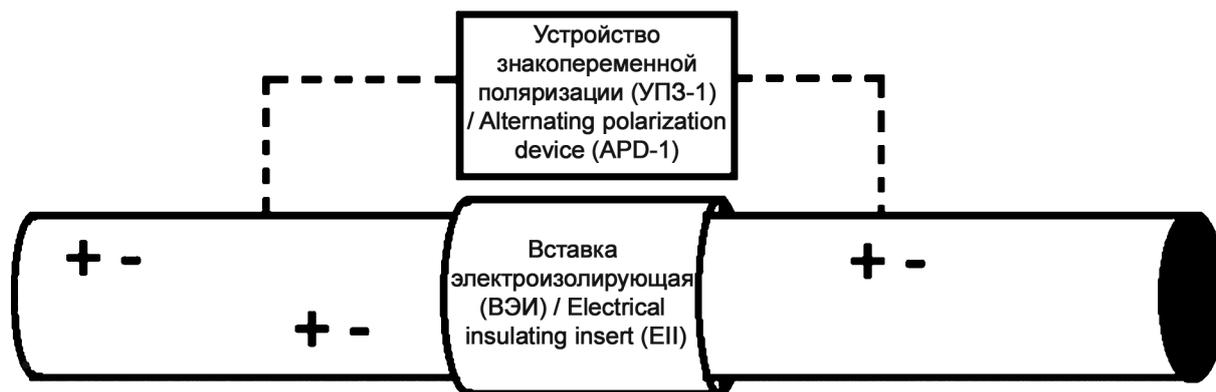


Рис. 3. Принцип действия противокоррозионной защиты наложением переменного тока
Fig. 3. The principle of operation of anti-corrosion protection by applying alternating current

закljučаются в следующем.

1. Отсутствие необходимости в применении анодного электрода.

2. Одновременная защита от коррозии как внешней стенки трубопровода, так и внутренней.

3. Состояние изоляционного покрытия для осуществления защиты не имеет определяющего значения, как для катодной защиты.

4. Снижение энергопотребления минимум в 10 раз по сравнению с катодной защитой, при той же протяженности зоны защиты, так как из цепи защиты исключен проводник «земля».

5. Позволит значительно уменьшить загрязненность транспортируемого продукта и окружающей среды.

6. Возможность осуществления адресной (раздельной) защиты отдельного трубопровода в многониточном технологическом коридоре без негативного воздействия на соседние трубопроводы.

7. Возможность осуществлять активную защиту трубопроводов наземного и наземного способов прокладки.

Описанный инновационный подход к вопросу защиты от коррозии подземных (подводных), наземных, наземных, технологических и коммунальных (водоводы, теплотрассы, продуктопроводы, канализация) металлических трубопроводов, скважин, резервуаров будет интересен специалистам предприятий и организаций, связанных с добычей, транспортировкой продуктов по трубопроводным системам, а также их хранением.

Для решения этой задачи разработано

Устройство знакопеременной поляризации УЗП-01. Внешний вид устройства знакопеременной поляризации и работа в полевых условиях на трубопроводе приведены на *рис. 4*.

Особенности применения УЗП

- Оптимизация затрат, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией средств защиты от коррозии.
- Снижение энергозатрат на обеспечение эффективных режимов работы средств катодной защиты.
- Снижение рисков негативного взаимовлияния катодной защиты параллельноуложенных подземных трубопроводов в технологических коридорах, в местах сближения и пересечения с соседними коммуникациями.
- Возможность одновременной защиты от коррозии внутренней и внешней поверхностей стенки защищаемого трубопровода.
- Возможность защиты от «подпленочной коррозии» в местах с нарушением адгезии изоляционного покрытия.
- Устройство соответствует классу 01 ГОСТ 12.2.007.0-75 по способу защиты человека от поражения электрическим током.
- Устройство отвечает требованиям пожаробезопасности согласно ГОСТ 12.1.004-91.
- Нарботка на отказ - не менее 30000 ч.
- Средний срок службы устройства, с вероятностью 0,9 – не менее 6 лет.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЗП

- Одновременная защита от коррозии внутренней и внешней стенок трубопровода.



Рис. 4. Внешний вид прибора в полевых условиях
Fig. 4. Appearance of the device in the field

Технические характеристики УЗП
Technical parameters APD

Наименование характеристик	Значение
Напряжение питания / Supply voltage	~220 В (50 Гц) / ~220 V (50 Hz)
Выходное напряжение / Output voltage	1...5 В / 1...5 V
Частотный диапазон выходного тока / Frequency range of output current	0...70 Гц / 0...70 Hz
Выходная мощность УЗП-01 (макс.) / Output power (max)	75 Вт/75 W
Тип корпуса / Body Type	Кейсовый / Case body type
Габаритные размеры (ДхШхВ) / Overall dimensions (LxWxH)	339x295x152 (мм) / 339x295x152 mm
Масса (брутто) / Weight (gross)	5 кг / 5 kg
Рабочий режим устройства / Operating mode of the device	Продолжительный, непрерывный / continuous

- Эффективность защиты трубопроводов с очень плохим состоянием изоляции и без изоляционного покрытия.

- Простота технологии применения, мо-

бильность и минимальная энергоемкость.

- Возможность совместного применения с традиционными способами катодной и ингибиторной защиты.

Информация об авторах

Дрындрожик Дмитрий Эдуардович, Генеральный директор, ООО «ЛИДЕР НК», г. Москва, Российская Федерация

Бойко Сергей Иванович, преподаватель, ООО «ЛИДЕР НК», г. Москва, Российская Федерация

Information about authors

Dmitry E. Dryndrozhih, General Director, LEADER NK LLC, Moscow, Russian Federation

Sergey I. Boyko, lecturer, LEADER NK LLC, Moscow, Russian Federation

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в III Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы электрохимии, защиты от коррозии и экологии», посвященной памяти профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Вигдоровича В.И., которая пройдет 18-20 октября 2023 года на базе ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов.

Организаторы конференции:

- Министерство науки и высшего образования РФ
- Тамбовский государственный технический университет
- Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина
- Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ВНИИТиН, г. Тамбов)
- Семья профессора В.И. Вигдоровича

Конференция планируется в гибридном формате (как с личным участием, так и *online*). Программный и организационный комитеты конференции представлены на сайте конференции: www.vigdorovich.ru

Основные направления работы конференции

- Теоретические и прикладные вопросы электрохимии
- Антикоррозионная защита металлов и сплавов
- Современные проблемы коррозионной науки и инженерии
- Контроль и мониторинг коррозии
- Наноматериалы и композиты в электрохимических процессах
- Экологические аспекты исследований
- Мембранные технологии

Официальные языки конференции - русский, английский.

Материалы конференции будут представлены в электронном сборнике материалов конференции на русском или английском языках (по представлению авторами) с присвоением ISBN и цитированием в РИНЦ.



В.И. Вигдорович