



НЕ ПОКАЗЫВАЕМ ФОКУСЫ, А ФОКУСИРУЕМСЯ НА СОБСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Мы заботимся о том, чтобы все необходимые материалы и решения наилучшего качества всегда были в вашем распоряжении независимо от обстоятельств. В современных условиях лучшая основа для этого – собственное производство. Поэтому мы развиваем производственную программу, которая уже дает хорошие результаты. Сегодня она охватывает самые критичные продуктовые группы: отмычка, пайка и влагозащита. Часть материалов мы разработали и производим самостоятельно, часть – разрабатываем прямо сейчас, а некоторые товарные категории активно развиваем в партнерстве с зарубежными предприятиями.

Мы знаем, что делаем. А значит, у вас в любом случае будет все то, что вам необходимо.

Отмывочная жидкость Гидронол Н18 на рН-нейтральной основе, или Ключевые требования и подходы к выбору жидкостей для отмывки печатных узлов



Многообразие компонентной базы, большое количество комбинаций материалов на печатном узле, повышение требований к надежности электроники и ряд других факторов определяют специализированные требования заказчиков к современным технологическим материалам. В статье рассмотрены предпосылки появления и современные требования к рН-нейтральным отмывочным жидкостям. Представлена разработка компании «Остек-Интегра» – отмывочная жидкость Гидронол Н18.

000 «Остек-Интегра», г. Москва

Одно из основных назначений жидкости для отмывки печатных узлов – удаление остатков флюса. Для пайки электроники чаще всего используется флюс на основе канифоли, которая представляет собой смесь смоляных кислот и их изомеров. Таким образом, большинство флюсов для пайки имеют кислую основу (рН) ниже 7. Для эффективной нейтрализации кислоты требуется щелочь, в данном случае – жидкость с рН выше 7. А поскольку чем выше уровень рН, тем эффективнее идет процесс нейтрализации кислоты, отмывочные жидкости (как на водной основе, так и на основе растворителей) имеют значение рН порядка 10–11.

Тем не менее в электронике, наряду с щелочными, применяются отмывочные жидкости с рН-нейтральным составом. Зачем они нужны? И насколько эффективны? Применяются ли российскими производителями?

С самого начала рН-нейтральные составы требовались при производстве силовой электроники. Ее компоненты могут быть изготовлены из таких материалов, как медь, алюминий, редкоземельные металлы. С ними совместима нейтральная среда. Правда, большая часть технологических процессов

в производстве силовой электроники не предусматривает отмывку от флюсов, поэтому такие жидкости требуются в небольших объемах.

Еще до появления отмывочных жидкостей линейки Гидронол® компания «Остек-Интегра» одной из первых (если не первая) начала поставлять на российский рынок импортные отмывочные жидкости с нейтральным рН. Правда, делалось это не для силовой электроники, а для одного контрактного производителя, который предъявлял к отмывочной жидкости целый ряд требований. Их можно было разделить на две группы.

- ▶ Специфические требования:
 - минимальное воздействие состава на маркировку компонентов;
 - отсутствие пенообразования;
 - отсутствие потемнения паек;
 - экономическая эффективность, превосходящая существующие варианты не меньше чем на 10–15 %.
- ▶ Общие требования:
 - качественная отмывка печатных узлов как от флюсов паяльных паст, так и от жидких флюсов;
 - способность эффективно отмывать остатки паяльных ма-

териалов различных брендов и производителей;

- универсальность (жидкость должна одинаково хорошо работать в струйных установках разных производителей);
- стабильность процесса отмывки (обязательное наличие достоверных способов контроля состояния раствора).

Процесс внедрения оказался непростым, но после испытания различных образцов заказчик выбрал отмывочную жидкость одного из зарубежных производителей. Ее применение позволило существенно снизить количество проблем с маркировкой на компонентах, увеличить срок жизни раствора в баке и при этом выполнять отмывку на высоком уровне. Одновременно с этим в процессе эксплуатации удалось выявить специфические факторы, влияющие на качество отмывки нейтральной жидкостью, и сформулировать соответствующие требования. О них расскажем позже.

Несмотря на этот опыт, в линейке отмывочных жидкостей Гидронол®, которую компания «Остек-Интегра» разрабатывает и выпускает в рамках импортозамещения, отмывочная жидкость с нейтральным уровнем рН появилась далеко не сразу. Работы над

ней велись. Однако разработчикам долгое время не удавалось определить критически важный компонент, от которого зависела совместимость жидкости с чувствительными металлами. Этот недостающий компонент удалось определить только через два года исследований и скрупулезного тестирования. После чего он был закуплен в достаточном количестве для поддержания необходимого складского запаса и стабильного производства рН-нейтральной жидкости Гидронол Н18.

Ключевые требования к рН-нейтральным составам

Прежде чем перейти к рассказу о жидкости Гидронол Н18, перечислим ключевые требования, которые должны предъявляться к рН-нейтральным отмывочным жидкостям в принципе.

Совместимость с чувствительными металлами. Сегодня на печатных узлах все чаще стали встречаться алюминиевые и медные компоненты, чувствительные к щелочным растворам. Отмывочная жидкость должна быть с ними совместима. Металлы не должны менять цвет или разрушаться под воздействием раствора.

Совместимость с маркировкой компонентов и печатного узла. Влияние жидкости на маркировку компонентов должно быть минимальным или отсутствовать в принципе. Исходя из практики, рН-нейтральный раствор воздействует на маркировку более щадяще, чем щелочные жидкости. Но, к сожалению, до сих пор на рынок поставляются компоненты с маркировкой такого низкого качества, что она не выдерживает воздействия даже обычной воды для ополаскивания.

Универсальность — возможность использования в установках разных производителей. Чтобы подходить к самым разным установкам струйной отмывки, жидкость должна отвечать следующим требованиям:

- ▶ не образовывать пену;
- ▶ быть совместимой с основными компонентами и узлами оборудования;
- ▶ обеспечивать качественную отмывку от флюса в оборудовании с любой конструкцией и настройками технологического процесса отмывки.

Эффективность отмывки. Изменить эффективность отмывочной жидкости непросто, методов и подходов может быть несколько. Но для просто-

ты расчетов рекомендуем сравнивать затраты на отмывку и полученный результат. Под результатом следует понимать количество качественно отмытых печатных узлов за период. Под затратами — расходы на отмывочную жидкость за тот же период. Только важно корректно вести подсчет расходов на жидкость:

- ▶ считать стоимость за литр готового раствора, а не концентрата;
- ▶ учитывать срок работоспособности раствора до его полной замены;
- ▶ учитывать потери раствора за цикл отмывки (чем больше по времени цикл отмывки, тем больше естественные потери раствора отмывочной жидкости).

Для предварительной оценки можно ограничиться пересчетом стоимости на литр готового раствора, используя рекомендуемые производителем значения концентрации раствора. А объективная картина будет видна после реальных испытаний на производстве.

Стабильность. Отмывочная жидкость не должна менять своего состава и свойств в пределах диапазонов температуры и концентрации, установленных производителем. Если в составе жидкости присутствуют легкие фракции, то при нагреве они могут испаряться, оказывая влияние как на концентрацию и расход моющего

раствора, так и на эффективность отмывки.

Безопасность. При работе с отмывочной жидкостью необходимо быть уверенным, что в продукте не содержится опасных для здоровья человека веществ. В паспорте безопасности на продукт, который следует запросить у поставщика, есть раздел про состав, в котором обязательно должны быть указаны содержащиеся опасные вещества и их доля в составе. Известно, что некоторые производители отмывочных жидкостей в ряде случаев используют недорогие компоненты, которые могут повышать эффективность отмывки, но токсичны для человека и вообще всех живых организмов.

Гидронол Н18 с нейтральным уровнем рН: особенности и характеристики

Теперь посмотрим, как перечисленные ключевые требования выполняются в случае с Гидронолом Н18 — продуктом компании «Остек-Интегра». Гидронол Н18 — это отмывочная жидкость на водной основе с нейтральным уровнем рН, которая предназначена для удаления флюса с силовой электроники и печатных узлов методами «струи в воздухе» или «погружение с ультразвуком». Продукт можно использовать для удаления флюса с выводных рамок, дискретных



Рис. 1. Компоненты после отмывки щелочной жидкостью и рН-нейтральной жидкостью Гидронол Н18



Рис. 2. Совместимость Гидронола Н18 и другой отечественной рН-нейтральной отмывочной жидкости с маркировкой компонентов и печатного узла

устройств, силовых модулей, светодиодов питания и печатных узлов.

Совместимость с чувствительными металлами. Разработчики долго искали формулу состава, который позволил бы, с одной стороны, выполнять качественную отмывку, а с другой — не оказывал бы отрицательного воздействия на алюминий. В итоге это удалось. По результатам испытаний (как лабораторных, так и на реальных производствах) Гидронол Н18 показал высокую совместимость с чувствительными к щелочным растворам металлами, включая алюминий (рис. 1). Результаты испытаний отражены в листе совместимости, который может быть предоставлен по первому запросу заказчика.

Совместимость с маркировкой компонентов и печатного узла. В большинстве случаев при использовании Гидронола Н18 маркировка не повреждается или отмечается незначительное воздействие (рис. 2). Правда, маркировка некоторых производителей компонентов может смываться рН-нейтральными жидкостями при повторной отмывке или увеличении температуры процесса. В таких случаях «Остек-Интегра» рекомендует заранее проводить

лабораторные испытания для проверки совместимости с маркировкой и подбора оптимального режима отмывки.

Универсальность — возможность применения в установках разных производителей. Испытания Гидронола Н18 на действующих производствах подтвердили применимость и эффективность жидкости в различных установках струйной отмывки как зарубежного, так и отечественного производства. В качестве одного из важных преимуществ клиенты отметили отсутствие пенообразования, в отличие от рН-нейтральной жидкости другого производителя. Кроме того, проводились лабораторные исследования, в процессе которых сравнивалось пенообразование Гидронола Н18 и других отечественных жидкостей. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Отдельно отметим, что в некоторых струйных установках форсунки расположены достаточно далеко от корзины, поэтому иногда может не хватить кинетической энергии струи жидкости для удаления остатков флюса с поверхности печатного узла и из-под компонентов. Но высокая очищающая способность жидкости Гид-

ронол Н18 компенсирует недостаток кинетической энергии, не увеличивая при этом времени цикла отмывки.

Вместе с тем при использовании Гидронола Н18 важно соблюдать ряд требований к технологическому процессу и качеству воды для приготовления раствора и ополаскивания:

- ▶ проводимость воды для предварительного и финишного ополаскивания не должна превышать 10 мкСм/см. Проточная вода под запретом;
- ▶ в предварительном и финишном контуре ополаскивания вода должна быть подогрета не менее чем до +30 °С;
- ▶ рекомендовано обновлять воду для ополаскивания после каждого цикла;
- ▶ при замкнутом цикле необходимо еженедельно менять воду в баке предварительного ополаскивания.

Эффективность отмывки. Высокая по сравнению с жидкостями других производителей буферная емкость Гидронола Н18 позволяет отмыть большее количество печатных узлов без полной замены раствора. Буферная емкость — это количественная оценка максимально возможной загрязненности канифолью раствора отмывочной жидкости. На основе буферной емкости рассчитывают эффективный срок жизни раствора без замены. Как показали результаты лабораторных исследований, буферная емкость Гидронола Н18 в 2,5 раза превышает показатель других жидкостей.

Экономичность Гидронола Н18 обусловлена применением технологии фазоэмульсионной отмывки (ФЭО). Технология ФЭО подразумевает сочетание отмывочных жидкостей на спирто-органической основе с отмывочными жидкостями на нейтральной или щелочной водных основах. Уникальность и преимущество данной технологии заключается в саморегенерации раствора, которая позволяет отмывочной жидкости сохранять эффективность и срок жизни в несколько раз большие, чем с классическими технологиями отмывки. В отличие от поверхностно-активных веществ (ПАВ), у отмывочных жидкостей Гидронол®, основанных на ФЭО-технологии, за счет процесса саморегенерации и самоочищения не происходит истощения активных компонентов. Правильно организованный процесс отмывки и эффективная фильтрация позволяют существенно увеличить

Таблица 1. Сравнение пенообразования Гидронола Н18 и других жидкостей

Отмывочная жидкость	Пенообразование в процессе отмывки	Пенообразование в процессе ополаскивания
Гидронол Н18	Концентрация 30 % → 0 мл пены	Концентрация 2 % в воде для ополаскивания — 10 мл пены (оседание через 8 секунд до 5 мл)
Жидкость 2	Концентрация 30 % → 15 мл пены (оседает через 6 секунд)	Концентрация 2 % в воде для ополаскивания — 15 мл пены (оседание через 30 секунд до 5 мл)
Жидкость 3	Концентрация 20 % → 45 мл пены (оседает через 20 секунд)	Концентрация 2 % в воде для ополаскивания — 30 мл пены (оседание через 30 секунд до 4 мл)

ПРИМЕЧАНИЕ. Для оценки высоты пены в мл использовался мерный цилиндр из набора «Гидронол», предназначенный для оценки концентрации раствора.

Таблица 2. Пример сравнения экономической эффективности отмывочных жидкостей

Характеристика	Значение	
	Жидкость 2	Гидронол Н18
Стоимость за литр без НДС, руб. (цены упрощены для расчетов)*	100	134
Концентрация по TDS, %	20	15
Потери раствора за один цикл, мл	250	200
Затраты вследствие выноса раствора на один цикл, руб.	5	4
Количество концентрата для заливки бака 80 л свежим раствором, л	16	12
Затраты на залив бака свежим раствором, руб.	1600	1608
Затраты на отмывочную жидкость в месяц, руб. (120 циклов отмывки)	2200	2090
Разница в стоимости затрат на отмывочную жидкость, %**	105	

* Для простоты расчетов приведена абстрактная стоимость, которая показывает примерную разницу в стоимости на основании данных из открытых источников.

** Хотя закупочная стоимость жидкости Гидронол Н18 на 34 % выше, выгода при ее применении составляет не менее 5 %. И это без учета более длительного срока жизни раствора и ряда других особенностей.

срок жизни моющего раствора в ванне и, следовательно, существенно сократить расходы на технологические материалы и количество утилизируемых отходов. Для увеличения срока жизни растворов Гидронол® рекомендуется применять системы поглощения флюса, имеющие не менее двух степеней очистки: с помощью префильтра

с размерами ячеек не более 20 мкм и основного фильтра с размерами ячеек 5 мкм. Такие системы фильтрации позволяют удалить до 90 % твердых частиц. В табл. 2 приведен пример сравнения эффективности двух жидкостей в абсолютном выражении.

Стабильность. В отличие от ряда аналогичных жидкостей, Гидронол Н18 не содержит легких фракций, которые при нагреве испаряются в первую очередь и оказывают влияние на концентрацию, расход моющего раствора, а главное – на эффективность отмывки. В табл. 3 приведены результаты сравнительных испытаний на потери при испарении, на рис. 3 показан процесс проведения таких испытаний. Отметим, что компания разработала набор «Гидронол К07» для достоверного контроля концентрации раствора, который позволит сделать процесс отмывки повторяемым и стабильным.

Безопасность. Для производства всех жидкостей марки Гидронол®, включая Гидронол Н18, компания «Остек-Интегра» использует высоко-



Рис. 3. Процесс нагрева отмывочных жидкостей для оценки потерь при испарении

Таблица 3. Сравнение потерь при испарении Гидронола Н18 и других жидкостей

Отмывочная жидкость	Потери, мг/см ² ч	
	при 45 °С	при 60 °С
Гидронол Н18	67,2	196,6
Жидкость 2	59,3	231,94
Жидкость 3	86,5	485,8
Деионизованная вода	82,1	306,5

ПРИМЕЧАНИЕ. 1 литр отмывочной жидкости нагревался до 45 и 60 °С с минимальным перемешиванием.

качественное сырье от проверенных поставщиков и производителей мирового уровня. Поэтому отмывочная жидкость Гидронол Н18 не содержит токсичных веществ с предельными значениями, которые необходимо отслеживать на рабочих местах. Информация о составе и содержащихся опасных веществах указана в официальном паспорте безопасности, который предоставляется по первому запросу клиента.

Результаты испытаний и опыт применения pH-нейтральной отмывочной жидкости Гидронол Н18 на российских производствах РЭА

Пример 1

Заказчик: один из ведущих производителей профессиональных средств связи различного назначения с номенклатурой, включающей свыше 450 наименований.

Проблема: существующая щелочная жидкость смывала маркировку некоторых компонентов и повреждала паяльную маску.

Задача для Гидронола Н18: исключить повреждение маркировки и маски при сохранении высокого качества отмывки.

Применяемые материалы:

- ▶ печатные узлы с покрытиями контактных площадок Гор. ПОС-61 по технологии HASL (иммерсионное золочение) и с различными паяльными масками;
- ▶ керамические чип-конденсаторы 0402;
- ▶ микросхемы в корпусе BGA;
- ▶ резисторы типа P1-12;
- ▶ микросхемы типа КТ-93-1;
- ▶ тестовые образцы алюминиевых деталей с покрытием Хим. Н12;
- ▶ паяльная паста «Солиус СН801» тип 3, сплав припоя Sn62Pb36Ag2.

Оборудование для отмывки: система струйной отмывки PBT Super-Swash IIR+.

Параметры технологического процесса:

- ▶ концентрация Гидронол Н18 – 20...25 %. Измерение и контроль – с помощью набора «Гидронол К07»;
- ▶ типовая программа отмывки:
 - отмывка раствором при T = 50 °С в течение 12 мин;
 - первичное ополаскивание деионизованной водой при T = 55 °С в течение 10 мин;

- финишное ополаскивание деионизованной водой $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 10 мин;
- сушка воздухом при $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 10 мин («воздушные ножи»);
- ▶ контроль качества отмывки:
 - визуальный, с использованием микроскопа и микроэндоскопа Optilia Flexia VGA (только для печатных узлов с микросхемами в корпусе BGA);
 - «Гидронол КС» – тестовый набор для обнаружения канифольных остатков флюса на поверхности печатной платы;
 - «Гидронол КФ» – тестовый набор для обнаружения остатков активаторов флюса на поверхности печатных узлов.

Результаты испытаний:

- ▶ высокое качество удаления остатков флюса паяльной пасты после автоматизированного монтажа;
- ▶ отсутствие негативного влияния на критичные к воздействию моющих растворов маркировки ЭКБ (в том числе на микросхемах в корпусах типа КТ-93-1) и пленочную паяльную маску;
- ▶ отсутствие изменения цвета защитных металлических покрытий печатных плат;
- ▶ отсутствие изменения цвета образцов алюминиевых деталей с покрытием Хим. Н12 в пределах ГОСТ 9.301-86.

Пример 2

Заказчик: научно-производственное объединение, предлагающее широкий спектр решений в области систем мониторинга, умного дома и вращающихся контактных устройств.

Проблема: из-за ограничений поставок зарубежной рН-нейтральной отмывочной жидкости требовалось найти и внедрить аналог российского производства.

Задачи для Гидронола Н18: заменить зарубежную рН-нейтральную отмывочную жидкость, сохранив требуемые результаты отмывки в существующем технологическом процессе.

Применяемые материалы:

- ▶ алюминиевый компонент ТИЛ6В;
- ▶ алюминиевые электролитические конденсаторы;
- ▶ компоненты из цветных металлов.

Оборудование для отмывки: система струйной отмывки PWT Super-Swash.

Параметры технологического процесса:

- ▶ концентрация Гидронола Н18 – 19%. Измерение и контроль – с помощью набора «Гидронол К07»;
- ▶ типовая программа отмывки:
 - отмывка раствором при $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 23 мин;
 - первичное ополаскивание деионизованной водой при $T = 44\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 13 мин;
 - финишное ополаскивание деионизованной водой при $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 14 мин;
 - сушка при $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 10 мин;
- ▶ контроль качества отмывки:
 - визуальный, с использованием микроскопа с увеличением 20х;
 - «Гидронол КС» – тестовый набор для обнаружения канифольных остатков флюса на поверхности печатной платы;
 - «Гидронол КФ» – тестовый набор для обнаружения остатков активаторов флюса на поверхности печатных узлов.

Дополнительные испытания: часовая выдержка алюминиевого компонента ТИЛ6В в Гидроноле Н18 при $T = 62\text{ }^{\circ}\text{C}$. Результат: не произошло окисления поверхности компонента, маркировка сохранилась.

Результаты испытаний: с поверхности печатного узла полностью удалены остатки канифоли, активаторов, флюса. Не обнаружено белого налета, шариков припоя, удаления маркировки, потемнения паяных соединений. Кроме того, после отмывки не обнаружено изменения цвета алюминиевых плат и компонента ТИЛ6В (рис. 4).

Пример 3

Заказчик: один из крупнейших производителей электроники в России. Предприятие выполняет все виды работ по изготовлению и монтажу печатных плат любых типов и уровней сложности, а также обеспечивает смежные услуги по влагозащите, маркировке, отмывке печатных узлов.

Проблема: на существующей отечественной рН-нейтральной отмывочной жидкости смывается маркировка компонентов, в процессе отмывки наблюдается высокое пенообразование, что ухудшает результаты отмывки.

Задачи для Гидронола Н18: исключить или сократить проблемы совместимости с оборудованием (пенообразование) и маркировкой компонентов.

Применяемые материалы: печатные платы с широкой номенклатурой отечественной ЭКБ и низкопрофильными компонентами.

Оборудование для отмывки: система струйной отмывки KOLB PSB500.

Параметры технологического процесса:

- ▶ концентрация Гидронола Н18 – 20%. Измерение и контроль – с помощью набора «Гидронол К07».
- ▶ типовая программа отмывки:
 - отмывка раствором при $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин;
 - первичное ополаскивание деионизованной водой при $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 8 мин;
 - финишное ополаскивание деионизованной водой при $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 10 мин;
 - сушка в установке отмывки при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 мин;
 - продувка сжатым воздухом и сушка в сушильном шкафу до полного высыхания.
- ▶ контроль качества отмывки:
 - визуальный, с использованием микроскопа с увеличением 20х;
 - «Гидронол КС» – тестовый набор для обнаружения канифоль-

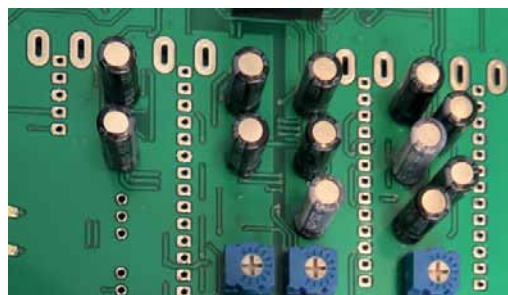


Рис. 4. Результаты отмывки электролитических конденсаторов в Гидроноле Н18



Рис. 5. Влияние на компоненты рН-нейтральных отмывочных жидкостей разных отечественных производителей

ных остатков флюса на поверхности печатной платы;

- «Гидронол КФ» — тестовый набор для обнаружения остатков активаторов флюса на поверхности печатных узлов.

Результаты испытаний: с поверхности печатного узла и из-под низкопро-

фильных компонентов полностью удалены остатки канифоли, активаторов, флюса. В процессе отмывки в установке не наблюдалось образования пены. Не обнаружено повреждения краски, маркировки и герметизации компонентов после отмывки. Проведено экспериментальное сравнение результа-

тов отмывки и влияния на компоненты двух рН-нейтральных отмывочных жидкостей — Гидронол Н18 и другого отечественного продукта (рис. 5).

Заключение

Отмывочная жидкость с рН-нейтральным составом Гидронол Н18 предназначена для особых, не повседневных задач отечественных производителей радиоэлектронной аппаратуры. Она не всегда может подойти для постоянного применения, но выручит в непростых технологических ситуациях, например, при высоких требованиях к совместимости с чувствительными металлами и материалами печатного узла, маркировкой компонентов. Жидкость специального назначения Гидронол Н18 эффективно и ситуационно решает технологические задачи там, где не справляются жидкости на основе растворителей или щелочные растворы.

На практике доказана высокая экономическая эффективность Гидронола Н18, позволяющая снижать себестоимость процесса отмывки на производстве на протяжении длительного использования.

Д. А. Поцелуев, к. э. н., директор по продажам и маркетингу, ООО «Остек-Интегра», г. Москва, тел.: +7 (495) 788-4444, e-mail: materials@ostec-group.ru, сайт: www.ostec-group.ru

interlight
RUSSIA

intelligent building
RUSSIA

interlight-building.ru

29 лет в России

Международная выставка освещения, автоматизации зданий, электротехники и систем безопасности

17–20.09.2024 ЦВК «Экспоцентр», Москва

ВЫСТАВКА 2023:
20 000 м² выставочная площадь, **498** экспонентов
23 617 посетителей, **41%** посетили выставку впервые

+7 495 649 87 75 • interlight@gefera.ru



Отправь промокод **INTERLIGHT_BUILDING** и получи бонус к участию!

