

Экологические проблемы утилизация попутного газа на нефтяных месторождениях Западного Казахстана

Р.М. Саттаров
(Баку, Азербайджан)
r.sattarov@yahoo.com

доктор технических наук,
Научный консультант,
НИИ «Геотехнологических Проблем
Нефти, Газы и Химия»

Б.З. Тухфатов
(Атырау, Казахстан)
tuxfatov@mail.ru

кандидат технических наук,
Генеральный директор
КГП «ОблТрансГаз»

Как известно, одним из мощных загрязнителей Окружающей Среды (ОС) в регионах разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений является результат газовых выбросов и сжигания попутного газа. В данной статье приводятся некоторые экологические проблемы и возможные пути утилизации попутного нефтяного газа применительно к некоторым нефтяным месторождениям Западного Казахстана.

Материалы и методы

Правительственное постановление Республики Казахстан от 29 декабря 2008 года № 219 «Требования промышленной безопасности при разработке нефтяных и газовых месторождений». Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России // Рабочие материалы ежегодного обзора проблемы в рамках проекта ИМЭМО РАН и WWF России «Экология и Энергетика. Международный контекст», Москва, 2009, 28 с. Закон Республики Казахстан от 9 января 2012 года №532-IV «О газе и газоснабжении».

Ключевые слова

экология, утилизация, попутный газ, нефтяное месторождение, Западный Казахстан

В последние годы начался новый всплеск в развитии топливно-энергетической базы Республики Казахстан, который наряду освоением новых нефтяных и газовых месторождений на суше и на море, а также со стабилизацией и рациональной эксплуатацией существующих нефтегазоносных площадей, неразрывно связан с экологическими проблемами разработки нефтегазовых залежей.

Одним из мощных загрязнителей Окружающей Среды (ОС) в регионах разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений является результат газовых выбросов и сжигания попутного газа.

Ясно, что сжигание нефтяного попутного газа (НПГ) приводит к значительным выбросам твердых загрязняющих веществ и ухудшению экологической обстановки в нефтепромысловых районах, которая особенно сильно может проявляться в Атырауской области, где весьма плотно сосредоточены гигантские месторождения.

Попутные нефтяные газы являются смесью газообразных углеводородов, главным образом состоящих из смеси пропана и изомеров бутана, которые растворены в нефти и выделяются в процессе добычи и переработки нефти ценного энергетического сырья.

Проблема полной утилизации попутного газа, выделяющихся при первичной обработке нефти на скважинах и плановых продувках, довольно продолжительное время остается нерешенной, и как результат продолжает загрязняться атмосфера, к тому же, теряется значительные объемы потенциального сырья, что для условий Республики Казахстан усугубляется геологической спецификой значительной части нефтяных месторождений страны.

На нефтяных месторождениях Западного Казахстана некоторые залежи обладают достаточно высокими газовыми факторами, достигая при этом таких значений, когда на тонну извлеченной нефти может приходиться до 1000 кубометров попутного газа, который характеризуется к тому же, высоким содержанием сернистого метана и ангидрида, что делает неочищенный попутный газ непригодным для транспортировки, из-за коррозионного воздействия на стенки труб.

В настоящее время, в связи внесением изменений в Законы Республики Казахстан «О нефти», «О недрах и недропользовании» и принятием экологического кодекса Республики Казахстан, резко ужесточаются требования к экологической безопасности в процессе нефтегазодобычи и, как следствие, весьма актуальной становится проблема полной утилизации попутного газа [1].

По имеющимся данным, с 2006 по 2010 год Казахстан значительно снизил объемы сжигания попутного газа нефтегазодобывающими предприятиями доводя их с 3,13 млрд до 1,35 млрд кубических метров в год, разница которых равна объему выхлопных газов почти миллиона автомобилей [2].

Несмотря на то, что промышленно-производственные структуры АО НК «КазМунайГаз» значительно сократили бесконтрольное сжигание попутного газа и уделяют все большее внимание комплексам вопросов по утилизации газа, включая внедрение некоторых технологий по снижению объемов выбросов, использование газа для собственных технологических нужд, выработки электроэнергии, закачки в пласт для поддержания пластового давления, но все же определенная доля НПГ продолжает сжигаться на факельных установках.

Сжигание попутного газа на факельных установках приводит к значительным потерям ценного химического сырья, включая миллионы тонн этана, пропана, бутана и других компонентов, и по оценочным данным из-за недостаточной степени переработки НПГ ежегодно теряются миллиарды долларов.

Следует подчеркнуть, что обеспечение практически полной утилизации попутного нефтяного газа, требующей применения современных технологий и оборудования, интеллектуальных ресурсов, а также вложения значительных финансовых средств является весьма непростой проблемой.

В связи с изложенным, в данной работе приводятся некоторые экологические проблемы и возможные пути утилизации попутного нефтяного газа применительно к некоторым нефтяным месторождениям Западного Казахстана.

Реальная ситуация для некоторых нефтяных месторождений Западного Казахстана такова, что в процессе технологической разработки залежи основная масса попутного газа либо закачивается обратно для поддержания пластового давления, с использованием определенной части на внутривидовые нужды, либо сжигается в случае отсутствия перерабатывающих мощностей, при этом для каждой добывающей компании устанавливаются индивидуальные нормы и лимиты выбросов [2].

Как было отмечено выше, одной из экологических проблем, неразрывно связанных с технологическими проблемами нефтегазодобычи, является утилизация попутного газа, которая содержится в самой нефти или составляет газовую шапку месторождений.

Мировой опыт свидетельствует, что в условиях наличия логистической и транспортной инфраструктуры, наряду с сохранением высоких цен на нефть на мировых рынках, попутный газ в состоянии стать одним из важных источников дохода для нефтегазовых компаний, к которым последнее время активно хотят соответствовать и производители углеводородов в Казахстане.

Процесс переработки нефти, как правило, начинается на месторождениях, имеющих в своем составе установки комплексной подготовки нефти (УКПН), на которых в результате технологической очистки нефти, в качестве

побочного продукта отделяются легкие углеводороды, образующие попутные нефтяные газы, несколько отличающиеся между собой по составу в зависимости от исходного сырья и по типам месторождений, характерные параметры которых представлены в нижеприведенной таблице [3].

Приведенные в таблице данные, как правило, наряду с использованием для решения всей группы технологических процессов добычи, сбора и подготовки нефти и газа, могут быть использованы для решения комплекса природоохранных и экологических мероприятий.

Переработке попутного нефтяного газа в связи с интенсивным ростом добычи нефти и ужесточением экологических норм, сегодня уделяется повышенное внимание.

В случае когда нефтяные месторождения удалены от газоперерабатывающих заводов (ГПЗ) на 150–200 км, учет всех элементов затрат выводит себестоимость попутного газа на уровень, при котором вариант утилизации попутного газа на ГПЗ для многих недропользователей неэффективен и ими ищутся варианты переработки ПНГ непосредственно на нефтепромыслах [4].

В ряде случаев не полная утилизация ПНГ может объясняться слабой экономической целесообразностью его использования по следующим основным причинам [2]:

- ПНГ изначально содержит в себе значительные примеси в виде влаги, газоконденсата и нефти, в связи с чем, газ без дополнительной очистки неприемлем для использования;
- достаточно высокая цена применяемого сепарационного оборудования и его установки;
- поскольку эксплуатационные скважины не привязаны к коммуникационным сетям, то для транспортировки газа требуется детальная экономическая оценка окупаемости возможных больших капитальных вложений.

Следует отметить, несмотря на то, что потери нефтяного газа, доля которых в общих потерях остается высокой, формируются в основном за счет мелких, малых и средних достаточно удаленных месторождений, все же строительства крупных газоперерабатывающих заводов для организации сбора газа с

таких месторождений, является весьма капиталоемким и неэффективным мероприятием.

Вместе с тем, ряд промышленных операций в нефтегазовой отрасли предусматривает, что в определенных ситуациях сбрасывание избыточных объемов газа для сжигания на факеле является неизбежным.

Сложившееся положение требует альтернативных технико-экономических решений по утилизации факельного газа, одним из которых является необходимость привлечения специализированных управляющих сервисных компаний, способных реализовывать подобные проекты без привлечения финансовых средств недропользователей.

Для утилизации и использования попутного нефтяного газа можно применять различные способы, позволяющие в значительной степени снижать объемы сжигания ПНГ на факелах, некоторые из которых приводятся ниже [5, 6]:

- закачки в пласт нефтяного газа для повышения пластового давления, соответственно, повышение эффективности добычи нефти;
- обесечение электроэнергией и топливом инфраструктуры добычи нефти на нефтепромыслах;
- получение сжиженного углеводородного газа (СУГ);
- использование ПНГ в качестве сырья для нефтехимии;
- внедрение технологий переработки газа в жидкость и получение синтетического жидкого топлива (СЖТ);

Наиболее приемлемыми из вышеперечисленного списка являются первые четыре способа утилизации и использования попутного нефтяного газа, причем при выделении значительных и устойчивых объемов попутного нефтяного газа, весьма целесообразно применять определенную часть полученных объемов в качестве топлива на крупных электростанциях, либо для дальнейшей переработки.

Кроме того, наиболее эффективным способом утилизации попутного нефтяного газа является его переработка на газоперерабатывающих заводах с получением сухого отбензиненного газа (СОГ), широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ), сжиженных углеводородных газов (СУГ) и стабильного газового бензина (СГБ).

Важно отметить, что после переработки ПНГ может применяться совместно с

Environmental issues of utilization of associated gas on oil fields of the Western Kazakhstan

Authors

Rakiz M. Sattarov
(Baku, Azerbaijan)

doctor of science, Scientific adviser, Research Institute "Geotechnological Problems of Oil, Gas and Chemistry"

Bauyrzhan Z. Tukhfatov
(Atyrau, Kazakhstan)

candidate of science, General Director, MSE "ObTransGas"

Abstract

As it is known gas outburst and popping of associated gas are one of the most powerful pollutants in the regions of oil and gas development and exploitation. This report describes some environmental issues and a possibility to utilize associated petroleum gas that can be applied in some oil fields of West Kazakhstan.

Materials and methods

Government regulation of the Republic of Kazakhstan dated December 29, 2008, no. 219 industrial safety requirements when developing oil and gas deposits. Problems and prospects of use of associated petroleum gas in Russia/materials of the annual review of problems within the IMEMO and WWF Russia «ecology and energy. The international context», Moscow, 2009, 28 p. Law of the Republic of Kazakhstan on January 9, 2012, # 532-IV «about gas and gas supply.

Состав газа	Формула	Содержание в попутном газе по месторождениям, % масс			
		С.Балгимбаев Проба 1	С.Балгимбаев Проба 2	Юго-Западное Камышитовое Проба 1	Юго-Западное Камышитовое Проба 2
Метан	CH ₄	22,041	24,280	42,491	41,960
Этан	C ₂ H ₆	30,964	30,487	21,565	22,720
Пропан	C ₃ H ₈	21,045	20,675	14,320	14,984
Изобутан	i-C ₄ H ₁₀	10,861	9,888	6,380	6,228
Н-Бутан	n-C ₄ H ₁₀	5,941	5,606	5,910	5,602
Изопентан	C ₅ H ₁₂	2,399	2,379	2,856	2,733
Н-Пентан	n-C ₅ H ₁₂	0,849	0,845	0,925	0,667
Гексаны	C ₆ H ₁₄	0,718	0,732	0,987	0,649
Гептаны	C ₇ H ₁₆	0,292	0,297	0,568	0,331
Октаны	C ₈ H ₁₈	0,023	0,019	0,047	0,011
Двуокись углерода	CO ₂	1,553	1,534	3,072	3,416
Азот	N ₂	3,314	3,267	0,879	0,699

Таб. 1 — Характерные параметры тип месторождений

Results

Strategically, the formation of conditions aimed at addressing the use of petroleum gas (PG) in the Republic of Kazakhstan shall be directed towards the early implementation of new investment projects in this area, and which should be aimed at equipping the crafts required instrumentation, construction and gas gathering compressor stations, construction of refineries.

Conclusions

Utilization of PG can become the advantageous type of activity commercially, and price liberalization on PG considerably will improve the decision of problems in this direction.

Keywords

ecology, utilization, associated gas, oil field, West Kazakhstan

References

1. *Pravitel'stvennoe postanovlenie Respubliki Kazakhstana ot 29 dekabrya 2008 goda № 219 «Trebovaniya promyshlennoy bezopasnosti pri razrabotke neftnyaykh i gazovykh mestorozhdeniy [Government regulation of the Republic of Kazakhstan dated December 29, 2008, no. 219 industrial safety requirements when developing oil and gas deposits.]*
2. *Poputnyy gaz. Situatsiya v Kazakhstane. [Associated gas. Situation in Kazakhstan] Available at: <http://www.kazenergy.com/ru/2-44-45-2011/1454-2011-07-28-13-44-38.html>. (accessed 28 July 2011)*
3. *Rezultaty issledovaniya komponentnogo sostava poputnogo neftyanogo gaza v punktakh podgotovki na mestorozhdeniyakh S. Balgimbaev i Yugo-Zapadnoe Kamyshitovoe, Vostochnyy Makat. [Results of investigation of composition component of associated petroleum gas in gas-collecting station on oil fields S. Balgimbaev and Southwest Kamyshitovoe, East Makat] Otchet TOO «Energy Group». Atyrau, 2011, 16 p.*
4. *Pererabotka poputnogo gaza na neftepromyslakh: segodnyashniy den' i perspektivy. [Associated gas processing on oil fields. Today] Available at: http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=1724 (accessed 15 July 2011)*
5. *Pererabotka poputnogo gaza. [Associated gas processing] Available at: <http://mingas.ru/2011/01/pererabotka-poputnogo-gaza/>*
6. *Problemy i perspektivy ispol'zovaniya poputnogo neftyanogo gaza v Rossii // Rabochie materialy ezhegodnogo obzora problemy v ramkakh proekta IMEMO RAN i WWF Rossii «Ekologiya i Energetika. Mezhdunarodnyy kontekst [Problems and prospects of utilization of associated petroleum gas in Russia], Moscow, 2009, 28 p.*
7. *Zakon Respubliki Kazakhstan ot 9 yanvarya 2012 goda №532-IV. O gaza i gazosnabzhenii [The Law of the Republic of Kazakhstan of January, 9th, 2012 №532-IV «About gas and a gas supply].*

магистральным газом, для получения сжиженного газа, а также в качестве сырья для нефтехимической промышленности.

Без переработки, в определенных случаях, попутный газ может использоваться в качестве низкосортного топлива для выработки электрической или тепловой энергии при сжигании НПГ на теплоэлектростанциях, а также может использоваться для обеспечения нужд объектов в районе нефтепромысла.

Детализируя некоторые способы утилизации попутного нефтяного газа, необходимо отметить следующие особенности.

При разработке нефтяных месторождений, процесс обратной закачки в пласт, для обеспечения газонапорного режима добычи нефти, является весьма эффективным способом в решении проблемы утилизации попутного газа.

Однако, организация и реализация процессов поддержания пластового давления путем обратной закачки попутного нефтяного газа в пласт, требует довольно грамотного управления системой поддержания внутрипластового давления, технической поддержки эксплуатируемого компрессорного оборудования и трубопроводов высоко давления, высокопрофессиональных специалистов, в которых, испытывается некоторый дефицит.

Кроме того, надо признать, стоимость обустройства и эксплуатации месторождения с организацией такого режима добычи зачастую делает добычу нефти экономически весьма не эффективной.

Способ же утилизации нефтяного попутного газа, на основе переработки до уровня товарного газа, связан с двумя не исключаящими друг друга вариантами реализации путем продажи газа на экспорт и продажи газа на местном рынке.

Экспортная реализация, хотя и является наиболее привлекательной, но связана с жесткими требованиями по организации переработки газа до уровня строго соответствующих ГОСТ и организации транспортировки кондиционного газа до экспортных магистральных сетей, что требует опять-таки высоких затрат.

Реализация же утилизованного нефтяного попутного газа до товарной кондиции путем продажи населению или потребляющим газ предприятиям, также связана с реальными трудностями. Это удаленность месторождений от центров потребления газа, каковыми являются крупные населенные пункты, а также отсутствие в доступной близости промышленных предприятий потребителей газа.

Определенные преимущества имеет метод использования попутного нефтяного газа для производства электроэнергии, поскольку потребляемый электростанциями газ не требует глубокой переработки до качества ГОСТ, а значит исключаются высокие затраты на подготовку газа.

Кроме того, электростанцию может быть построена в границах своего геологического отвода, с минимизацией расходов на строительство газопроводов, причем вырабатываемая электрическая энергия, может использоваться на собственные нужды, а излишки можно будет реализовывать на месте.

Потребителями избыточных мощностей при этом могут стать местные пользователи, а оптовые цены за кВт электроэнергии, в зависимости от условий и ситуаций будут регулироваться.

Позитивным моментом также является весьма не длительный срок (до полутора года) реализации проекта строительства электростанции от начала проектирования до выработки первых кВт электроэнергии.

Весьма перспективным можно считать переработку попутного нефтяного газа в синтетическое жидкое топливо, которое является моторным топливом, произведенным из газа, а не из нефти.

Переработка природного газа в СЖТ (по международной классификации Gas to Liquids — GTL) давно привлекает внимание крупнейших нефтегазовых и нефтехимических компаний мира [5].

Результаты испытаний показали, что использование продуктов СЖТ вместо традиционного дизельного топлива при эксплуатации автобусного парка дает возможность сократить выбросы экологически опасных и парниковых газов.

На сегодняшний день выявлен ряд новых подходов в применении технологии СЖТ. Особенно это актуально для стран со значительными запасами газа, месторождения которого находятся на больших расстояниях от районов потребления при полном отсутствии транспортной инфраструктуры.

Внедрение технологии СЖТ в промышленных масштабах позволяет превратить в востребованный продукт те обширные запасы газа, которые раньше считалось экономически нецелесообразным добывать и транспортировать потребителю.

Показательно, что, несмотря на технические, организационные и финансовые проблемы, возникающие с утилизацией НПГ, и непоследовательную и зачастую контрпродуктивную политику в этой области, некоторые нефтяные компании уже давно начали реализовывать собственные программы по использованию попутного газа, причем активизации этого процесса в последнее время стали способствовать некоторые объективные обстоятельства.

Как правило, большинству газовых компаний все больше не хватает собственного природного газа для выполнения обязательств перед потребителями на внутреннем и внешнем рынке, в связи, с чем в ближайшие годы им придется привлекать в свою газотранспортную систему газ сторонних производителей, в том числе и сухого отбензинного газа, получаемый из попутного газа, добываемого на нефтяных месторождениях.

Кроме того на внутреннем рынке, куда, в основном могут направляться СОГ, цены на газ для потребителей постоянно будет расти и, по прогнозам, в ближайшее время достигнут среднеевропейского уровня.

В тоже время большинство газовых компаний постепенно осознает, необходимость увеличения мощностей ГПЗ путем реконструкции старых или построения новых газоперерабатывающих заводов, которые могут приводить к более выгодным ценам на утилизацию попутного газа.

При этом нефтяные компании готовы будут наращивать затраты в долгосрочные программы по утилизации НПГ по нескольким вышеотмеченным направлениям.

Одной из активных, в решении вопросов утилизацию попутного газа, можно считать проект строительства газопровода и площадок УПГ на месторождении С. Балгимбаева

НГДУ «Жайкмунайгаз», Восточный Макат НГДУ «Доссормунайгаз».

АО «РД Казмунайгаз» (КМГ) в настоящее время ведут работы по реализации проектов подготовки газа (УПГ) на месторождениях С. Балгимбаева, Восточный Макат Атырауской области. Заводы будут компримировать попутный газ, и приводить его в состояние, соответствующие ГОСТу 5542–87. Технические условия выполняются на (УПГ) месторождениях при использовании гликолевой дегидратации.

Целью проекта является создание условия получения 40 млн. м³ в год попутного газа на объекте Макат и 20 млн. м³ в год на объекте Балгимбаева, причем очищенный газ будет потребляться на внутривысоких объектах и экспортироваться для использования другим потребителям. Для этого получены технические условия от КТП «ОблТрансГаз» для подключения к газопроводным сетям.

Безусловно, такого типа проекты могут значительно способствовать как эффективной утилизации нефтяного попутного газа, так и естественно к резкому снижению объемов сжигания НПГ на факельных установках, что, соответственно, приведет к весьма существенному улучшению экологической обстановки региона.

Таким образом, на основе вышеизложенного, можно считать, что утилизация нефтяного попутного газа является капиталоемким и сложным процессом, для успеха которого требуется согласования противоречащих друг другу позиций заинтересованных сторон, причем ситуация усугубляется трудностями с выходом продукции утилизации НПГ на рынок сбыта.

Другой, весьма важной проблемой является обострение того, что масштабное сжигание НПГ одновременно имеет экологические аспекты и затрагивает сферу изменения климата, а также представляет собой бесцельное уничтожение ценных природных ресурсов, что в свою очередь влияет на отношения нефтяных компаний и АО НК «КазМунайГаз».

Правда, при этом, определенный оптимизм в этой сфере внушает деятельность ряда нефтяных компаний, которые реализуют собственные программы использования НПГ, а также принятые государственными органами конкретные Законы [7].

Стратегически, формирование условий, ориентированных на решение проблемы использования НПГ в Республике Казахстан, должно быть ориентировано на скорейшую реализацию новых инвестиционных проектов в данной сфере и которые должны быть

направлены на оснащение промыслов необходимой измерительной аппаратурой, сооружение газосборных сетей и компрессорных станций, строительство газоперерабатывающих заводов.

Вместе с тем, утилизация НПГ может стать коммерчески выгодным видом деятельности, и либерализация цен на НПГ значительно улучшит решение проблем в этом направлении.

Итоги

Стратегически, формирование условий, ориентированных на решение проблемы использования нефтяного попутного газа (НПГ) в Республике Казахстан, должно быть ориентировано на скорейшую реализацию новых инвестиционных проектов в данной сфере, и которые должны быть направлены на оснащение промыслов необходимой измерительной аппаратурой, сооружение газосборных сетей и компрессорных станций, строительство газоперерабатывающих заводов.

Выводы

Утилизация НПГ может стать коммерчески выгодным видом деятельности, и либерализация цен на НПГ значительно улучшит решение проблем в этом направлении.

Список использованной литературы

1. Правительственное постановление Республики Казахстана от 29 декабря 2008 года № 219 // Требования промышленной безопасности при разработке нефтяных и газовых месторождений.
2. Попутный газ. Ситуация в Казахстане. Доступный по: <http://www.kazenergy.com/ru/2-44-45-2011/1454-2011-07-28-13-44-38.html>. (28 июля 2011)
3. Результаты исследования компонентного состава попутного нефтяного газа в пунктах подготовки на месторождениях Балгимбаев С. и Юго-Западное Камышитовое, Восточный Макат. Отчет ТОО «Энерджи Групп». Атырау: 2011. 16 с.
4. Переработка попутного газа на нефтепромыслах: сегодняшний день и перспективы. Доступный по: <http://www.newchemistry.ru/printletter.php?nid=1724> (15 июля 2011)
5. Переработка попутного газа. Доступный по: <http://mingas.ru/2011/01/pererabotka-poputnogo-gaza/>
6. Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России // Рабочие материалы ежегодного обзора проблемы в рамках проекта ИМЭМО РАН и WWF России Экология и Энергетика. Международный контекст. Москва: 2009. 28 с.
7. Закон Республики Казахстан от 9 января 2012 года №532-IV «О газе и газоснабжении».

16 - 19 апреля 2013 г.
Санкт-Петербург

При поддержке Северо-Западного
федерального округа Российской Федерации
и Комитета экономического развития,
промышленной политики и торговли Санкт-Петербурга

15-я Международная научно-практическая конференция

«ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ, НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ И РЕМОНТА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»

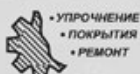
В рамках конференции пройдут
школы-семинары:

- НАПЛАВКА, НАПЫЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ – ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ
- УПРОЧНЕНИЕ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ИНСТРУМЕНТА, ШТАМПОВ, ПРЕСС-ФОРМ И ДРУГОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ



Организаторы:

- Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
- НПФ «Плазмацентр»



www.technoconf.ru

Заявки на участие принимаются:

тел.: +7 (812) 444 93 37, +7 (921) 973 46 74
факс: +7 (812) 444 93 36

e-mail: info@plasmacentre.ru