

**государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
Самарской области основная общеобразовательная школа № 21 имени
Героя Советского Союза Е.А. Никонова города Новокуйбышевска
городского округа Новокуйбышевск Самарской области
(ГБОУ ООШ № 21 г. Новокуйбышевска)**

МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

УРОКА ФИЗИКИ

В 9 КЛАССЕ

«АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА»

Работу выполнила:

Учитель физики ГБОУ ООШ № 21

Зайцева Елена Николаевна

Новокуйбышевск

Тема урока: Атомная энергетика
УМК: А.В. Перышкин «Физика. 9 класс»
Предмет: физика
Класс: 9

Ожидаемые результаты:

Личностные

Учащийся проявляет:

- творческое мышление, инициативу, находчивость, активность при решении теоретической задачи
- самостоятельность, организованность, коммуникативность, взаимопомощь при выполнении самостоятельной работы
- интерес к изучаемой теме

Регулятивные УУД

Учащийся:

- при поддержке учителя обнаруживает и формулирует учебную проблему, определяет задачу учебной деятельности
- проявляют умение слушать в соответствии с целевой установкой

Познавательные УУД

Учащийся:

- анализирует, сравнивает факты
- строит логически обоснованное высказывание, включающее установление причинно-следственных связей
- выделяет важную информацию из всей предоставленной

Коммуникативные УУД

Учащийся:

- взаимодействует с учителем и соседом по парте
- отстаивает свою точку зрения, приводит аргументы, подтверждая их фактами
- учится критично относиться к своему мнению, с достоинством признавать ошибочность своего мнения (если оно таково), и корректировать его
- понимая позицию другого, различает в его речи: мнение (точку зрения), доказательство (аргументы), факты

Предметные результаты

Учащийся:

- знает понятия: электростанция, термоядерный синтез, атомная энергетика
- умеет объяснять достоинства и недостатки электростанций (ГЭС, ТЭС, АЭС)

Тип урока: Изучение нового материала

Методы и технологии, применяемые на уроке: технология исследовательской деятельности, метод проблемного обучения, технология работы в группах, смысловое чтение.

Оборудование: Компьютер, проектор, раздаточный материал.

Этапы урока

Этапы урока	Деятельность учителя	Деятельность учащихся	Формируемые результаты	Оборудование
Организационный момент (2 минуты)	Приветствие, проверка готовности к уроку	Подготовка к уроку	Учащиеся проявляют интерес к теме беседы и активно отвечают на поставленные вопросы	
Постановка проблемы, темы урока и целей (3 минуты)	Вводное слово учителя. <i>(см. приложение 1)</i>	Устные ответы	Осознание поставленной проблемы.	
1 этап (10 минут) Разделение класса на 5 групп. Работа в команде раздаточным материалом, применение методики рационального чтения.	Устанавливает форму работы на данном этапе, контролирует выполнение задания, подсказывает группам	Знакомство с текстами, ответы на вопросы, обсуждение материала в командах	Учащиеся проявляют креативность мышления, инициативу, находчивость при знакомстве с принципом работы электростанций, обосновывая свою позицию. Преобразовывают информацию из одного вида в другой. Знакомятся с новыми понятиями «Термоядерный синтез» «Атомная энергетика», «Атомные электростанции»	Раздаточные материалы. <i>(см приложение 2)</i>
2 этап (20 минут) Команды представляют классу выступление по своим вопросам.	Контролирует выступление команд, дает пояснения при необходимости.	Каждая команда рассказывает классу определенную часть материала, которую они изучали. Класс	Учащиеся проявляют креативность мышления, инициативу, находчивость при знакомстве с принципом работы электростанций,	Раздаточные материалы, плакат «Ядерный реактор», «Цепная ядерная реакция»

		заполняет таблицу (<i>см. приложение 3</i>) по материалу выступления.	<p>обосновывая свою позицию Преобразовывают информацию из одного вида в другой, работают с различными источниками информации.</p> <p>Знакомятся с новыми понятиями «Термоядерный синтез» «Атомная энергетика», «Атомные электростанции»</p>	
Подведение итогов урока (5 мин).	<p>Подведём итоги нашего сегодняшнего урока. <i>Оцените свои знания, полученные на уроке, и закончите предложения.</i></p> <p><i>В связи, с чем в середине XX века возникла необходимость нахождения новых источников энергии? Назовите хотя бы два основных преимущества АЭС перед другими видами электростанций</i></p> <p><i>Назовите хотя бы три основные проблемы современной атомной энергетики. Приведите</i></p>	Устные ответы	Учащиеся обобщают полученные знания, рассуждают о преимуществе и недостатках атомной энергетике.	

	<i>примеры путей решения проблем атомной энергетики. Голосование Нужна ли атомная энергетика человечеству?</i>			
--	--	--	--	--

Литература:

1. Физика. 9 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений / Перышкин А.В., Гутник Е.М. – 11-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2019.
2. Методические рекомендации по проведению 20 октября 2020 г. Всероссийского «Атомного урока» и Всероссийского «Атомного классного часа»
https://drive.google.com/file/d/1UlllyddfZY_Oyi51kNno9Dfbk16nGJN8/view
3. В.И. Бойко, Ф. П. Кошелев. Ядерный топливный цикл. Проблемы, решения. Учебное пособие.- Северск: Изд-во ФГУП СХК, Бюро дизайна, 2004.

Приложение 1

Вводное слово учителя.

В современном мире жизнь человека немислима без ежеминутного потребления энергии: электричества и тепла. Уже стали привычными такие достижения науки и техники, как средства мобильной связи, высокоскоростной транспорт, освоение космического пространства. Это требует огромных затрат энергии.

Сегодня электроэнергия вырабатывается сотнями различных методов, как с использованием невозобновляемых природных ископаемых (газ, уголь, нефть), так и при помощи преобразования в электричество возобновляемой энергии солнца, ветра, движения воды в руслах рек и многое другое. Потребление энергии растет столь быстро, что известные в настоящее время запасы топлива окажутся исчерпанными уже через сравнительно короткое время. Проблему “энергетического голода” не решает использование возобновляемых источников энергии. Сегодня реальный вклад в энергоснабжение вносит ядерная или атомная энергетика. Данный вопрос и будет темой сегодняшнего урока.

Приложение 2

Таблица для заполнения:

Во время выступления команд учащиеся заполняют таблицу достоинств и недостатков атомной энергетике, а также делают пометки об интересных фактах.

Плюсы	Минусы	Интересно
-------	--------	-----------

--	--	--

Приложение 3

Раздаточный материал

Группа 1.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ И НЕВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.

В современном мире жизнь человека немыслима без ежеминутного потребления энергии: электричества и тепла. Сегодня электроэнергия вырабатывается сотнями различных методов, как с использованием невозобновляемых природных ископаемых (газ, уголь, нефть), так и при помощи преобразования в электричество возобновляемой энергии солнца, ветра, движения воды в руслах рек и многое другое. Принято считать, что невозобновляемая энергетика обладает рядом недостатков, часть из которых можно считать действительно критичными.

Первый недостаток отражён в самом понятии – невозобновляемость ресурсов. Действительно, природные залежи угля, нефти и газа во многом ограничены. Дальнейшее массовое использование таких ископаемых в качестве источника энергии приведёт если не к полному исчерпанию ресурсов, то к существенному удорожанию электроэнергии, получаемой на их основе, так как лёгкая и дешёвая добыча топлива станет невозможной. Для некоторых невозобновляемых источников энергии этот сценарий наступит через несколько сотен лет, для некоторых – уже через десятки.

Второй недостаток рождён самим методом преобразования внутренней энергии топлива в электричество. Этот недостаток – выбросы углекислого газа. Для выработки электричества большинство современных теплоэлектростанций использует так называемый паротурбинный цикл. Вода, нагреваясь в паровом котле и превращаясь в водяной пар, в дальнейшем проходит через турбину. Пар вращает турбину, жёстко связанную с электрогенератором, и вырабатывается электроэнергия. При этом источником тепла для парового котла является химическая реакция окисления топлива, или горение. При горении органических соединений (а такими являются и нефть, и газ, и уголь) неизбежно образуется большое количество углекислого газа, который при работе теплоэлектростанций сразу же попадает в атмосферу нашей планеты. Проблема таких выбросов CO₂ в атмосферу широко известна под названием «парниковый эффект». Парниковые газы сохраняются в атмосфере столетиями и вносят основной вклад в глобальное потепление планеты.

Третьим минусом энергетики на основе невозобновляемого топлива является сложность организации работы таких теплоэлектростанций в труднодоступных и удалённых районах Земли. Действительно, работа любой теплоэлектростанции приемлемой мощности требует ежесуточного снабжения топливом, объём которого может исчисляться тысячами тонн. Перевозки такого количества груза в некоторые районы являются сложнейшей задачей, а в какие-то – невозможной к выполнению. Однако потребность в электроэнергии сегодня есть даже и в таких труднодоступных местах!

Смогут ли возобновляемые источники энергии решить все три описанные проблемы разом? Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

Преимущества гидроэлектростанций

Вода — возобновляемый источник энергии. Гидрологический цикл (круговорот воды в природе) пополняет источники потенциальной энергии за счет дождей, снегопадов и водостока. Работа ГЭС не сопровождается выделением угарного газа и углекислоты, окислов азота и серы, пылевых загрязнителей и других вредных отходов, не загрязняет почву. Производительность ГЭС легко контролировать, изменяя скорость водяного потока (объем воды, подводимый к турбинам). Вода в искусственных водохранилищах, как правило, чистая, так как примеси осаждаются на дне. Эту воду можно использовать для питья, мытья, купания и ирригации.

Недостатки гидроэлектростанций:

1. привязанность к водоемам
2. возможное затопление пахотных земель
3. пагубное влияние на экосистему рек.
4. ГЭС можно строить только на равнинных реках (из-за сейсмической опасности гор)

Общие недостатки ветряных и солнечных электростанций заключаются в низком КПД, для нормального функционирования таких станций необходимы обширные территории и определенные погодные условия.

В отличие от остальных видов электростанций одним из самых эффективных способов получения электроэнергии является деление ядер урана, который используется в АЭС. Об этом расскажет вторая группа.

Совместное использование ветроэнергетики, гидроэнергетики, солнечной и атомной генераций энергии носит название «зелёный квадрат». Все четыре вида генерации являются по своей сути возобновляемыми (в современном представлении атомная энергетика тоже лишена недостатков ограниченности ресурсной базы, подробнее об этом и про концепцию замкнутого ядерного топливного цикла поговорим чуть позже); все четыре вида генерации – безуглеродные, то есть при работе электростанций на таких источниках не происходит выработка углекислого газа; все четыре вида генерации не требуют постоянных огромных поставок новых энергоресурсов для своей работы, то есть пригодны для отдалённых регионов.

Группа 2

КАК АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

Атомная энергетика - одна из наиболее быстро развивающихся отраслей в мире. Действительно, от момента открытия нейтрона Джеймсом Чедвиком в 1932 году до запуска Первой в мире АЭС (г. Обнинск) в 1954 году прошло чуть больше двадцати лет! Сегодня в мире эксплуатируется уже 442 ядерных реактора, еще 53 находятся в стадии строительства (по данным на 2020 год базы данных МАГАТЭ по энергетическим ядерным реакторам PRIS); из них 38 реакторов работают на территории нашей страны.

Для того чтобы мы могли говорить обо всех перспективах атомной отрасли, её особенностях и новых направлениях, мы должны разобраться в том, как атомная энергия преобразуется в электричество и что является топливом при таком преобразовании.

Сам процесс непосредственной генерации электроэнергии в АЭС довольно схож с работой тепловых электростанций: водяной пар крутит турбину, которая в свою очередь обеспечивает вращение электрогенератора и выработку электричества. При этом источником тепла для подогрева воды служит уже не горение ископаемого топлива, а энергия, получаемая в результате вынужденного радиоактивного распада ядерного топлива. Ядерным топливом на АЭС, как правило, являются различные соединения такого элемента, как уран. Уран – химический элемент, один из изотопов которого (уран-235) при взаимодействии с нейтронами способен к разделению на два осколка с выделением колоссальной энергии. Впервые деление ядер урана было открыто в 1938 г. учёными О. Ганом и Ф. Штрассманом. Примечательно, что при делении ядер урана, помимо энергии, образуются также и новые нейтроны, впоследствии способные разделить соседние ядра – это называется цепной ядерной реакцией деления. Протекание такой самоподдерживающейся ядерной реакции приводит к нагреву самого ядерного топлива, тепло от которого отводится охлаждающей жидкостью и в итоге приводит к нагреву или испарению теплоносителя.

Важно отметить, что энергия, заключенная в атомном ядре и используемая для генерации тепла на АЭС, крайне мощная и сконцентрированная! Так, энергоёмкость всего 1 кг ядерного топлива в современных реакторах сравнима с энергоёмкостью 60 тонн (2 цистерны) нефти или 100 тонн (2 вагона) каменного угля. Можно смело утверждать, что 99% всей окружающей нас энергии скрыто в атомных ядрах и, в условиях постоянно растущей потребности в электроэнергии и тепле, у человечества в будущем просто нет иного выбора, как научиться умело, безопасно и эффективно пользоваться этой энергией.

Преимущество АЭС:

- Огромная энергоёмкость

1 килограмм урана с обогащением до 4%, используемого в ядерном топливе, при полном выгорании выделяет энергию, эквивалентную сжиганию примерно 100 тонн высококачественного каменного угля или 60 тонн нефти.

Группа 3

ЯДЕРНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЦИКЛЫ. ОТКРЫТЫЙ И ЗАМКНУТЫЙ ЦИКЛ.

Уран – природный элемент, десятки тысяч тонн которого ежегодно добывают по всему миру. Природная урановая руда представляет собой смесь различных изотопов (напомню, изотопы — разновидности атомов какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный номер, но при этом разные массовые числа), самыми распространёнными из которых являются уран-238 и уран-235. При этом в природном уране содержится чуть более 99% изотопа уран-238 и только 0,7% урана-235. Так как непосредственно в цепной ядерной реакции участвует только изотоп с атомной массой 235, из всего ископаемого урана только меньше одного процента массы участвует в

генерации энергии на АЭС – остальная масса идёт в отвал. Возможно ли повысить эффективность использования добытого урана? Возможно, но для этого мы должны разобраться, какие преобразования испытывает ядерное топливо в процессе своего жизненного цикла.

Рассмотрим концепцию классического открытого ядерного топливного цикла. После добычи урановая руда направляется на переработку и обогащение. Обогащением называется процесс разделения различных изотопов урана, в результате которого количество полезного для выработки электроэнергии изотопа уран-235 в топливной смеси повышается с 0,7% до 3-5%. Далее следует фабрикация полученной смеси в топливные сборки и непосредственная выработка электроэнергии на АЭС каждой такой сборкой в течение нескольких лет. Затем отработавшее ядерное топливо проходит стадию переработки (для возможного повторного использования) или захоронения в специальных условиях. Мы уже говорили, что при реализации такого подхода только не более 1% массы добытого природного урана является полезным с точки зрения генерации энергии.

Лишен такого недостатка другой перспективный подход – концепция замкнутого ядерного топливного цикла. Как известно из ядерной физики, при особых условиях возможно протекание иной ядерной реакции – конверсии урана. Эта реакция основана на взаимодействии с нейтронами уже не урана-235, а урана-238. Возможно создать условия, при которых уран-238 может поглотить нейтрон в ядерном реакторе и превратиться в новый элемент – плутоний. Плутоний, как и уран, имеет делящиеся изотопы и тоже может служить ядерным топливом. Реакторы, которые способны обеспечить особые условия для протекания такой реакции, принято называть «быстрыми» реакторами из-за большой энергии и скорости нейтронов. Тем самым, тратя 1 кг урана-235 на поддержание ядерной реакции и выработку электроэнергии, в таких реакторах можно получить до полутора раз больше нового топлива на основе плутония.

В физике быстрые реакторы зачастую сравнивают с «печкой», в которую человек кладет 1 полено, а после сгорания и получения тепла на выходе получает 2 новых полена. Такое становится возможным сугубо из-за физических особенностей протекания ядерных реакций в разных веществах и является неоспоримым преимуществом ядерной энергетики. Ядерный топливный цикл на быстрых реакторах называется замкнутым, так как, единожды добыв урановую руду, можно многократно получать новый делящийся материал из урана-238, который в открытом цикле шёл в отвал.

Концепция замкнутого ядерного топливного цикла и использование быстрых реакторов, несмотря на свою физическую сложность для реализации, позволяет не только реактору самостоятельно обеспечивать себя новым топливом во время работы, но и нарабатывать новый делящийся материал для реакторов классической конструкции. Сегодня Россия

является признанным в мире лидером по таким технологиям: в стране работают 2 энергетических реактора на быстрых нейтронах (реакторы БН-600 и БН-800 на Белярской АЭС) и целый ряд опытных и исследовательских ядерных установок.

Новые проекты быстрых реакторов также активно разрабатываются на сегодняшний день и позволят в скором времени максимально использовать потенциал атомной энергии. Тем

самым, как мы и упоминали ранее, атомная энергетика становится приближенной к возобновляемым источникам, ведь подобная регенерация ядерного топлива позволит увеличить мировой топливный потенциал на сотни или даже тысячи лет.

Преимущество АЭС:

- Повторное использование

Расщепляющийся материал (уран-235) выгорает в ядерном топливе не полностью и может быть использован снова после регенерации (в отличие от золы и шлаков органического топлива). В перспективе возможен полный переход на замкнутый топливный цикл, что означает практически полное отсутствие отходов.

Группа 4

ПОТЕНЦИАЛ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ РЕГИОНАХ и ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Мы уже разобрались, что существенным недостатком классических методов генерации энергии при помощи сжигания невозобновляемых углеводородных ресурсов является недостижимость качественного обеспечения электроэнергией труднодоступных районов планеты: например, Арктики, регионов со сложными природно-климатическими условиями, или крайне удалённых от крупных агломераций населённых пунктов и производственных комбинатов. При этом затраты на передачу электроэнергии в таких условиях и на большие расстояния могут в несколько раз превышать стоимость её производства. Атомная энергетика в силу своей большой энергоёмкости топлива лишена этого недостатка. Единожды построив АЭС в таком регионе, возможно получать электроэнергию без доставки нового топлива больше года или даже 7 лет.

В связи с этим сегодня Госкорпорация «Росатом» активно развивает направление, связанное с разработкой и строительством ядерных реакторов малой и средней мощности. Действительно, зачастую количество энергии, вырабатываемые типовыми ядерными реакторами, избыточно для нужд и задач, возникающих в труднодоступных регионах. Так, например, современный российский ядерный реактор ВВЭР-ТОИ вырабатывает более 1250 МВт электроэнергии, что гораздо больше потребности отдельно взятого завода, небольшого города или даже небольшой области России. Разрабатываемые реакторы малой мощности позволят размещать небольшой источник электроэнергии в непосредственной близости с её потребителем, что существенно удешевит конечное производство, а компактный размер таких АЭС позволит размещать их в удалённых районах и на ограниченных площадках. Отдельно необходимо отметить существование такого проекта АЭС с реактором малой мощности, как плавучая атомная электростанция (ПАТЭС). С 2020 года в России функционирует первая в мире АЭС такого типа «Академик Ломоносов», расположенная в порту города Певек Чукотского автономного округа. Использование этой технологии позволяет существенно экономить трудозатраты на доставку оборудования для строительства АЭС.

Ядерная энергетика, энергия деления атома, имеет большие плюсы перед традиционными способами получения энергии, такими как сжигание минеральных и

биологических ресурсов. В отличие от ТЭС (тепловой электрической станции), где тепло получается путем сжигания топлива от дров до нефти и угля, атомная энергетика использует энергию реакции распада атомов тяжелых элементов, в основном урана. Атомная энергия гораздо чище энергии сжигания топлива. Выбросы атомных электростанций на порядки меньше загрязняют окружающую среду, чем выбросы обычных тепловых станций. У большинства развитых стран мира атомная энергетика имеет весьма значительную долю в общем энергобалансе. Например, во Франции на долю атомных электростанций приходится свыше 80% всей получаемой энергии. Однако атомные электростанции требуют очень высокой квалификации обслуживающего персонала и строгого контроля за абсолютно всеми параметрами, иначе, в случае аварии, выбросы вредных веществ могут существенно превысить выбросы тепловых станций. Еще одна существенная, но решаемая проблема атомной энергетики - утилизация отходов. К сожалению, в настоящее время самым простым, и как следствие, самым дешевым способом утилизации радиоактивных отходов является их захоронение. Более экологичные способы утилизации: разделение на долгоживущие и короткоживущие изотопы, сжигание в атомных реакторах радиоактивных отходов, сжигание радиоактивных отходов в недрах звезд (в том числе и солнце) - пока экономически не выгодны. Таким образом, в настоящее время выделяют 3 принципиальных проблем использования ядерной энергии: содействие распространению ядерного оружия, радиоактивные отходы и возможность аварий.

Группа 5

БУДУЩЕЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ – УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ.

Последнее, что необходимо упомянуть, рассматривая перспективы использования энергии ядра для генерации электричества – это концепция управляемого термоядерного синтеза. В отличие от традиционной ядерной энергетики, когда ядерная энергия высвобождается путём деления тяжёлых изотопов (урана, плутония и т.д.) на более лёгкие элементы, возможен и обратный процесс: синтез ядер лёгких химических элементов в более тяжёлые, который также сопровождается выделением колоссальной энергии.

Такая реакция называется термоядерный синтез. Хотя ядерных реакций синтеза, приводящих к выделению энергии довольно много, для практических целей использования ядерной энергии, интерес представляют только реакции приведенные в Таблице 1. Здесь и ниже мы используем стандартное обозначение изотопов водорода: p - протон с атомной массой 1, D - дейтрон, ядро состоящее из одного протона и одного нейтрона и, соответственно, с атомной массой 2 и T - тритий, изотоп, ядро состоит из одного протона и двух нейтронов с массой 3. Все ядра, участвующие в этих реакциях за исключением трития стабильны. Тритий - это радиоактивный изотоп водорода в периодом полураспада 12.3 лет. В результате β -распада (когда в ядре нейтрон распадается на протон и электрон, при этом электрон вылетает из ядра, он превращается в He3 (гелий 3, обычный гелий (He4) состоит из двух протонов и двух нейтронов, изотоп гелия 3 включает в себя только один нейтрон, вместо 2, здесь и далее число около элемента показывает совместное число протонов и нейтронов в ядре. Так, например U238, уран, обозначает изотоп урана в котором суммарное число протонов и нейтронов равно 238), излучая низкоэнергичный электрон. В отличие от ядерных реакций деления, реакции

синтеза не производят долгоживущих радиоактивных осколков тяжелых ядер, что дает принципиальную возможность создать "чистый" реактор, не обремененный проблемой долговременного хранения радиоактивных отходов.

Таблица

1.

Ядерные реакции, представляющие интерес для управляемого термоядерного синтеза

Реакция	Энергетический выход, q, (МэВ)
$D + T = He4 + n$	17,6
$D + D = He3 + n$	3,27
$D + D = T + p$	4,03
$D + He3 = He4 + p$	18,4
$p + B11 = 3He4$	8,7
$Li6 + n = He4 + T$	4,8
$Li7 + n = He4 + T + n$	- 2,47

Для протекания термоядерных реакций необходимы определённые условия, как, например, достижение температуры в сотни миллионов градусов. Точно такие же реакции ядерного

синтеза протекают в звёздах и на Солнце.

Достижение столь сложных условий протекания реакции в земных условиях тоже возможно. Существует множество методов получения и поддержания таких условий. Одним из таких методов является нагрев и удержание плазмы из синтезируемых материалов при высокой температуре при помощи магнитного поля. Сегодня этот метод экспериментально отрабатывается международной группой учёных в Проекте международного экспериментального термоядерного реактора ITER (исследовательский центр Кадараш, Франция). Активное участие в этом проекте принимает и Российская Федерация. Так как изотоп водорода дейтерий довольно распространен в природе, а получение трития возможно в ядерных реакторах, термоядерная энергетика станет абсолютно независимым от возобновления ресурсов источником энергии.