

## Современные тенденции преподавания «зеленой» химии в университетах мира

**Т. А. Савицкая,**  
зам. декана по научной работе,  
профессор кафедры физической химии,  
кандидат химических наук, доцент,

**А. П. Леонтьев,**  
студент второго курса химического факультета,

**И. М. Кимленко,**  
доцент кафедры радиационной химии  
и химико-фармацевтических технологий,  
кандидат химических наук, доцент,

**Д. Д. Гриншпан,**  
зав. лабораторией НИИ ФХП БГУ,  
доктор химических наук, профессор;  
Белорусский государственный университет

*«Экономика знаний» сегодня провозглашена в качестве основного приоритета экономического развития Республики Беларусь. Президент страны А. Г. Лукашенко отметил следующее: «Путь для этого у нас один – ускоренный переход к экономике инновационной, наукоемкой, ресурсосберегающей, конкурентоспособной на мировом рынке» [1; 2]. При этом развитие экономики должно происходить в полном соответствии с бережным отношением к окружающей среде, поскольку именно такой путь ведет к устойчивому развитию.*

Республика Беларусь одной из первых на постсоветском пространстве разработала Национальную стратегию устойчивого развития (НСУР). Главной задачей НСУР на период до 2030 г. было провозглашено сохранение благоприятной окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов [3].

Такая стратегия действий на пути к устойчивому развитию сегодня принята во всем мире. Так, избранный в июле 2019 г. председатель Европейской комиссии Урсула фон дер Ляйен в своей речи «Моя повестка для Европы. Политические ориентиры для следующей Европейской комиссии 2019–2024» сделала особый акцент на значимости экологической политики для устойчивого развития. В ее программе первым указан пункт «Европейское зеленое соглашение» (A European Green Deal). Председатель еврокомиссии заявила: «Те, кто действует первым и быстрее всех, воспользуется возможностью экологического перехода. Вот почему мы будем вкладывать рекордные суммы в передовые исследования и инновации, гибко используя планируемый бюджет ЕС, чтобы сосредоточиться на областях с наибольшим потенциалом» [4].

Следует отметить, что инновационные технологии, способствующие уменьшению отрицательного воздействия человека на окружающую среду и увеличению благосостояния общества, в отдельных странах оказались в центре пристального внимания еще раньше. Так, в 2010 г. в Карте технологической стратегии, составленной Министерством экономики, торговли и промышленности Японии, появился обзор 153 «зеленых» технологий [5].

Роль лидеров в разработке таких технологий, безусловно, принадлежит университетам, где сосредоточены высокий научный потенциал и высококвалифицированные кадры. Этой роли в полной мере отвечает концепция «Университет 3.0», которая предусматривает подготовку учреждениями образования современных конкурентоспособных специалистов на основе последних достижений науки и техники. В Белорусском государственном университете (БГУ) концепция реализуется через интегративную образовательную среду, обеспечивающую единство системы «образование – наука – инновации – коммерциализация – производство» [6]. Такая схема предполагает ряд концептуальных изменений по разным направлениям, включая переход к инновационному содержанию образования. При этом очень важным моментом является осознание его междисциплинарности и социальной ответственности перед обществом. Первыми, кто его

так и воспринял, были химики, поскольку именно они подвергались социальному давлению и считались основными виновниками загрязнения окружающей среды. Последующие их действия, направленные на изменение негативного имиджа химии в обществе, привели к тому, что химия первой из естественно-научных дисциплин получила эпитет «зеленая» [7].

Прошло уже более 20 лет с тех пор, как в 1998 г. Пол Анастас и Джон Уорнер сформулировали 12 принципов «зеленой» химии (ЗХ), а в университете Ноттингема (Великобритания) были прочитаны первые лекции по «зеленой» химии.

2019 год отмечен исключительно важной для мировой науки юбилейной датой – 150-летием открытия Д. И. Менделеевым Периодического закона химических элементов. Этому событию посвящен Международный год Периодической таблицы химических элементов, который провозглашен ООН и отмечается под эгидой ЮНЕСКО и Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК). Примечательно то, что в рамках торжественного открытия года в Париже в штаб-квартире ЮНЕСКО было подписано трехстороннее соглашение между одним из ведущих мировых производителей минеральных удобрений российской компанией «ФосАгро», ЮНЕСКО и ИЮПАК о продлении сотрудничества по реализации программы «Зеленая химия для жизни», стартовавшей в 2013 г. [8]. Не менее интересным является тот факт, что решение о запуске данной программы, нацеленной на поддержку молодых ученых-химиков, которые проводят свои исследования в области охраны окружающей среды, здравоохранения, продовольствия, энергоэффективности и рационального использования природных ресурсов, было принято в 2011 г., объявленном ООН Международным годом химии. Все эти факты свидетельствуют о безусловной значимости «зеленой» химии для всего мирового сообщества.

Сформированное в конце 1990-х гг. XX в. направление «зеленая химия» стало сегодня одной из ведущих научных парадигм, лежащих в основе развития современных промышленных производств [7]. Соответствующие технологии, процессы и продукты внедряются не только в химической, но и в других отраслях, использующих химикаты, например, в легкой и пищевой промышленности. Примером использования принципов «зеленой» химии в такой, на первый взгляд, далекой от химии отрасли, как производство одежды, может являться деятельность известных всему миру компаний Adidas, H&M, Nike, Puma, Levi Strauss&Co, обязавшихся к 2020 г. привести отрасль к нулевому выбросу опасных химикатов (англ. zero discharge of hazardous chemicals).

В университете Йорка в Великобритании (University of York) по инициативе профессора Джеймса

Кларка, известного своими фундаментальными работами в области «зеленой» химии, создан Центр передового опыта «Зеленая химия» (GCCE – Green Chemistry Center of Excellence), который является ведущей в мире академической организацией, занимающейся разработкой экологически чистых методов синтеза с применением гетерогенного катализа, энергоэффективных микроволновых и ультразвуковых технологий, извлечением ценных химических веществ из растений с использованием жидкостей в сверхкритическом состоянии и получением новых материалов из биомассы [9].

Поэтому неудивительно, что «зеленая» химия уже присутствует в учебных программах образовательных учреждений различного уровня на каждом континенте, выступая главным компонентом образования для устойчивого развития.

Проанализировав ряд программ учреждений высшего образования по всему миру [5; 9; 10], мы выявили некоторые тенденции в развитии «зеленой» химии в области образования, определили преимущества отдельных учебных программ, которые целесообразно внедрить в образовательный контент Республики Беларусь, а также актуальные проблемы, требующие решения.

В качестве критериев компаративного анализа были выбраны следующие:

- ступень высшего образования, на которой изучается курс ЗХ;
- научные исследования, проводимые на базе университета;
- наличие лабораторных практикумов по тематике ЗХ;
- характер дисциплин, включенных в программу.

В таблице 1 представлен перечень проанализированных нами университетов мира, предлагающих программы или отдельные дисциплины по ЗХ на различных ступенях образования.

В ходе анализа выяснилось, что как специалисты, так и люди, далекие от химии, часто используют термины «зеленая химия» и «химия для устойчивого развития» (ХДУР) взаимозаменяемо, хотя они не означают одно и то же. Словосочетания «зеленая» химия и «химия для устойчивого развития» схожи по смыслу, оба сосредоточены на стремлении защитить нашу планету и ее природные ресурсы, но на этом сходство заканчивается.

ХДУР – это поддержание и продолжение экологически безопасного развития, а ЗХ фокусируется на разработке, производстве и использовании химических веществ и химических процессов, которые практически не приводят к потенциальному загрязнению или риску для окружающей среды и являются экономически и технологически осуществимыми.

В таблице 2 показано, как различные университеты подходят к этому вопросу. Так, в университете Авейру (Португалия) в программу «Химия

Таблица 1

**Перечень проанализированных университетов мира, реализующих программы или отдельные дисциплины по «зеленой» химии на различных ступенях образования**

Бакалавриат	Магистратура	Аспирантура	Несколько ступеней образования	Программа не заявлена, или нет информации
Лундский университет (Швеция) Университет Новой Горицы (Словения)	Университет Копенгагена (Дания) Московский государственный университет (Россия) Российский химико-технологический университет (Россия) Университет Сарагосы (Испания) Университет Ноттингема (Великобритания) Университет Йорка (Великобритания) Университет Джорджа Вашингтона (США)	Университет Авейру (Португалия) Проект ЕС SINCHEM в рамках программы Эразмус+	Оклендский университет (Новая Зеландия) Университет Сиднея (Австралия) Университет Сингапура Университет Куинс (Канада) Колледж Вашингтона (США) Белорусский государственный университет (РБ)	Университет Ланьчжоу (КНР) Университет Сидзуока (Япония) Университет Сан-Паулу (Бразилия) Университет Макгилла (Канада) Технологический университет Лаппеэнранта (Финляндия)

Таблица 2

**Содержание программ в различных университетах мира**

ЗХ(GC)	ХДУР (SC)	ЗХ-ХДУР (GC & SC)	ЗХ+Д (GC + N)
Университет Новой Горицы (Словения): 2, 3 год обучения как элективный предмет Оклендский университет (Новая Зеландия): Ступень 2 Introduction to Green Chemistry Ступень 3 Contemporary Green Chemistry Послевузовское образование: Advanced GC Университет Сиднея (Австралия): Green Chemistry and Renewable Energy Белорусский государственный университет: Ступень 1 Введение в зеленую химию Ступень 2 Зеленые технологии в химической промышленности	Университет Авейру (Португалия): Sustainable Chemistry МГУ имени М. В. Ломоносова (Россия): Химия в интересах устойчивого развития Проект ЕС SINCHEM: The European Doctoral Programme on Sustainable Industrial Chemistry	Университет Ноттингема (Великобритания) Университет Копенгагена (Дания) Университет Сингапура Колледж Вашингтона (США) РХТУ (Россия): Зелёная химия для устойчивого развития	Лундский университет (Швеция): GC + Biotechnology Университет Йорка (Великобритания): GC and Sustainable Industrial Technology Университет Куинс (Канада): Environmental and Green Chemistry Университет Джорджа Вашингтона (США): междисциплинарная программа

для устойчивого развития» (Sustainable Chemistry) включены такие дисциплины, как новые стратегии синтеза, дизайн новых катализаторов, которые относятся к области ЗХ. Кроме того, в рамках программы студенты изучают пищевую безопасность, которая напрямую не связана с ЗХ, но однозначно соответствует концепции устойчивого развития, а также аналитические методы переноса (Hyphenated Analytical Techniques<sup>1</sup>), химическую биологию. Две последние дисциплины можно рассматривать как «инструменты зеленой химии» (GC-tools), которые она активно использует.

Следует отметить, что и ХДУР, и ЗХ преследуют цели устойчивого развития. При этом ХДУР включает в себя такие сферы, как здоровье человека, мониторинг окружающей среды, безопасность пищевых продуктов. Кроме того, часто ХДУР отождествляют со стремлением к ресурсоэффективности. В частности, Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) дает следующее определение: «Устойчивая химия – это научная концепция, направленная на повышение эффективности использования ресурсов для удовлетворения потребностей человека в химических продуктах и услугах» [11].

<sup>1</sup> Метод переноса предполагает сочетание методик выделения химического вещества из продукта и его онлайн-определения спектральным методом, например, хроматографии и ИК-Фурье спектроскопии или масс-спектрометрии и т. п.

Например, в программе «ЗХ – ХДУР» университета Копенгагена (Дания) изучаются такие дисциплины, как загрязнение воздуха и здоровье, атмосферная химия окружающей среды, структура и функции белка, реакции и синтез в медицинской химии, которые скорее относятся к химической экологии, химии окружающей среды и здоровью человека в целом. В то же время программа «ЗХ + ХДУР» в Ноттингемском университете не выходит за пределы классических компетенций «зеленой» химии.

В целом из анализа учебных программ [5; 9; 10] следует, что неопределенность границ ЗХ и ХДУР до сих пор остается проблемным вопросом. Более того, очевидно, что имеет место тенденция включать в программу ЗХ дисциплины, которые дополняют «зеленую» химию и направлены на достижение устойчивого развития. Данную тенденцию можно представить в виде формулы «GC + N», где к «зеленой» химии добавляется одна или несколько дополнительных дисциплин. Примером может служить программа университета Лунда (Швеция) «Зеленая химия и биотехнология», в результате изучения которой студенты приобретают также знания в сфере биотехнологий. Такое сочетание вполне понятно, поскольку сегодня биотехнологии играют важную роль в ЗХ, например, при выделении химических веществ из растительного сырья ферментативными методами, и, безусловно, расширяет профессиональные компетенции выпускников университета Лунда. Однако возникает вопрос, насколько необходимо использовать это сочетание в названии программы.

Программа университета Сингапура «Устойчивая и зеленая химия» также включает в себя биотехнологию. Кроме биотехнологии в качестве еще одного популярного компонента N в формуле GC + N выступает химическая технология. Например, в Великобритании, которую по праву можно считать основоположницей «зеленой» химии, в университете Йорка программа называется «GC and Sustainable Industrial Technology», но, как и в случае с биотехнологией, химическую технологию нельзя назвать удачным приложением, поскольку, несмотря на возможность отдельного существования этих технологий от ЗХ, сложно представить саму ЗХ без использования технологий. Университет Куинс (Канада) предлагает программу «Environmental and Green Chemistry», а Университет Джорджа Вашингтона (США) занял программу, которая включает в себя не только ЗХ, но и химию окружающей среды, общественное здравоохранение, политику, бизнес. Таким образом, имеет место тенденция заменять «зеленую» химию в чистом виде на «GC + N» или, по крайней мере, на «ЗХ + ХДУР».

При этом часто дополнительные дисциплины, не входящие в область «зеленой» химии напрямую,

не всегда указываются в названии программы, но, несмотря на это, нередко присутствуют в ней. В качестве таких дисциплин выступают не только упомянутые выше биотехнология и химическая технология, но и фотохимия, токсикология, in-process analysis и др. Владение этими дисциплинами играет важную роль в применении ЗХ на практике, поэтому их можно отнести скорее к GC-tools (инструментам X).

Иногда учебные программы по ЗХ являются не узко специализированными, а включают общехимические дисциплины: органическую, неорганическую, физическую, аналитическую химии. Наличие общих и специальных химических дисциплин вместе с ЗХ позволяет готовить специалистов широкого профиля, способных работать в различных отраслях химии и применять на практике полученные знания. Распространение концепции ЗХ на смежные области химической науки повышает междисциплинарность ЗХ-программ.

Еще одна закономерность, которую мы выявили в ходе анализа, – это принцип построения программ. Можно выделить три подхода к построению программ по «зеленой» химии и условно обозначить их как британский, европейский и американский.

Британский подход представляет собой классический, консервативный подход к программе ЗХ. В его рамках созданы программы, которые практически не выходят за пределы компетенций направления ««зеленая» химия» и предполагают его углубленное изучение. Классическим примером могут служить университет Ноттингема и университет Йорка. Программа учебной дисциплины «Введение в «зеленую» химию» химического факультета Белорусского государственного университета также может быть отнесена к британскому подходу [7].

Среди преимуществ британского подхода стоит отметить его экономический аспект. Будущих специалистов учат не только разрабатывать «зеленые» химические процессы. Акцент делается на экономической выгоде более безопасных процессов. В ходе обучения студенты проходят практику и выполняют заказы частных компаний. Подобное явление встречается и в некоторых американских вузах.

Европейский подход хорошо вписывается в формулу GC + N. Данный подход в какой-то степени противоположен британскому. Он предусматривает введение в программу помимо «зеленой» химии других дисциплин, которые так или иначе связаны с ЗХ и устойчивым развитием, т. е. могут рассматриваться в качестве GC-tools. Подобный подход реализуется в университете Лунда, где в программу включена биотехнология. Упомянутые выше университет Авейру и университет Копенгагена также можно включить в эту группу, так как в них



изучаются дисциплины, связанные с устойчивым развитием в целом.

В то же время программа университета Йорка, которая называется «GC and Sustainable Industrial Technology» и формально соответствует формуле GC+N, все же придерживается направления «чистой» ЗХ и не содержит в себе таких необязательных для нее предметов, как пищевая безопасность или загрязнение воздуха и здоровье, которые есть в программах университетов Авейру и Копенгагена.

Американский подход не противоречит упомянутым британскому и европейскому подходам, а дополняет их. Данный подход предполагает как создание отдельной программы по «зеленой» химии, так и интеграцию дисциплины в другие программы. В США есть немало университетов с отдельной качественной программой по ЗХ, однако имеют место и программы другой направленности, где «зеленая» химия инкорпорируется в содержание учебной программы. К таким программам можно отнести программы Хендрикс колледжа в Арканзасе, Колорадской горной школы, университета Гейнсвилл во Флориде, колледжа Св. Олафа в Миннесоте, Университета Скрэнтона в Пенсильвании. Можно заметить, что ЗХ часто внедряется именно в программы, связанные с органическим синтезом, что, на наш взгляд, вполне логично, учитывая специфику данного направления. В какой-то степени американский подход коррелирует с европейским, где в программу по ЗХ включают дополнительные дисциплины. В американском же подходе в другие программы внедряют «зеленую» химию. И в том, и другом случае компетентность специалиста только расширяется.

Можно предположить, что в ближайшее время условно выделенные нами подходы могут превратиться в один общий. Интеграция всех трех подходов будет способствовать повышению межпред-

метной коммуникации и достижению синергии в обучении, что, в свою очередь, повысит компетентность специалиста, формируя у него более полную и широкую картину химического мира и способность практически применять знания из разных сфер химии в целях устойчивого развития.

Отмечая необходимость эффективного и качественного обучения будущих специалистов, хотелось бы обратить особое внимание на наличие лабораторных практикумов в программах по ЗХ. Речь идет именно о специальных практикумах по «зеленой» химии, а не по общим химическим дисциплинам. Как видно из таблицы 3, далеко не во всех университетских программах есть такие лабораторные практикумы, несмотря на наличие хорошей теоретической базы или даже исследований на базе университета. Например, в БГУ, где на химическом факультете и в НИИ физико-химических проблем активно проводятся исследования в области «зеленой» химии, преподается теоретический курс, который в 2012 г. получил международный статус за счет привлечения для чтения лекций специалистов из Словакии, Польши, Чехии и Венгрии в рамках проекта Международного Вышеградского фонда [7], лабораторный практикум еще только разрабатывается. В соответствии со спецификой методов синтеза, которые использует «зеленая» химия, соответствующее оборудование в ряде случаев является дорогостоящим. Несмотря на это БГУ является одним из немногих университетов в Восточной и Центральной Европе, где имеется большой потенциал и успехи в развитии «зеленых» технологий. Например, на базе НИИ ФХП БГУ разработан «зеленый» способ производства гидратцеллюлозных волокон, которые сегодня в мире производятся по опасной для окружающей среды вискозной технологии [12].

Как альтернатива небiorазлагаемому синтетическому пластику созданы съедобные пленки для

Таблица 3

Наличие лабораторных практикумов в программах по «зеленой» химии в университетах мира

Присутствует	Отсутствует или не упомянут	Напрямую не связан с ЗХ
Университет Авейру (Португалия) Ноттингемский университет (Великобритания) Университет Йорка (Великобритания) Университет Джорджа Вашингтона (США) Колледж Вашингтона (США)	Университет Сарагосы (Испания) Университет Сиднея (Австралия) Университет Ланьжоу (Китай) Университет Сидзуока (Япония) Университет Сингапура Университет Куинс (Канада) Университет Макгилла (Канада) МГУ (Россия) БГУ (Беларусь)	Лундский университет (Швеция): практикум по биотехнологии Технологический университет Лаппеэнранта (Финляндия): технологический с использованием более чистых и энергоэффективных методов РХТУ (Россия): практикум экологической направленности

упаковки продуктов питания и др. Считаем, что поддержанию имиджа БГУ на международной арене как лидера в Беларуси в сфере зеленых технологий может способствовать создание на его базе Белорусского национального центра по обмену опытом в области «зеленой» химии – Belarusian Green Chemistry Centre of Excellence (GCCE-Belarus). Центр будет способствовать обмену передовым опытом между специалистами в области «зеленых» инноваций в сфере химической промышленности, развитию образовательной составляющей по «зеленой» химии. Как следствие, будет обеспечено повышение качества химического образования и качество подготовки высококвалифицированных и широкопрофильных специалистов-химиков.

Таким образом, в результате проведенного сравнительного анализа программ по «зеленой» химии в университетах разных странах мира можно выявить ряд тенденций в преподавании этой дисциплины:

1. В настоящее время в университетах более распространенным является подход, когда программы не ориентированы исключительно на «зеленую» химию, а строятся по формуле GC+N, 3X – ХДУР.

2. Нередко программы, название которых включает термин ХДУР, содержат в себе аспекты экологии и целей устойчивого развития, которые выходят за рамки «зеленой» химии.

3. В отношении содержания учебных программ можно условно выделить три подхода к их созданию: европейский, британский, американский, которые отличаются только по роли и месту «зеленой» химии в программе.

4. Программы по «зеленой» химии нередко сопровождаются общехимическими дисциплинами и другими предметами, которые могут выступать в качестве дисциплин-инструментов (GC-tools).

5. Одна из ключевых проблем внедрения «зеленой» химии в учебный план университетов – отсутствие лабораторных практикумов при наличии теоретических программ высокого уровня и серьезных научных исследований на базе университетов.

С учетом того, что Беларусь является конкурентоспособной страной в сфере химической науки в целом и «зеленой» химии в частности, а БГУ – ли-

дером в данном направлении, в качестве начального подхода к решению проблемы мы предлагаем в первую очередь создание на базе химического факультета современного лабораторного практикума по «зеленой» химии, а впоследствии на базе БГУ Белорусского национального центра по обмену опытом в области «зеленой» химии.

#### Список использованных источников

1. Лукашенко, А. Г. Стенограмма выступления на торжественном собрании, посвященном Дню Независимости, 2 июля 2007 г. [Электронный ресурс] / А. Г. Лукашенко // Официальный интернет-портал Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://tiny.cc/0wi5lz>. – Дата доступа: 10.12.2019.
2. Данильченко, А. В. Экономика знаний в контексте постиндустриального развития Республики Беларусь / А. В. Данильченко, С. А. Харитонович // Новости науки и технологий. – 2019. – № 1(48). – С. 8–15.
3. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 г. // Протокол заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 мая 2017 г. № 10. – Минск, 2017. – 148 с.
4. A Union that strives for more. My Agenda for Europe [Электронный ресурс]. – Mode of access: <http://tiny.cc/qzi5lz>. – Date of access: 11.12.2019.
5. Ushikubo, T. Green Chemistry in Japan / T. Ushikubo // Chemistry International. – July-August 2013. – P. 9–11.
6. Король, А. Д. Методология, содержание и практика реализации инновационного образования в БГУ в контексте Университета 3.0 / А. Д. Король, О. И. Чуприс, Н. И. Морозова // Вышэйшая школа. – 2018. – № 6. – С. 3–7.
7. Введение в «зеленую» химию: Беларусь и страны Вышеградской четверки / Т. А. Савицкая [и др.]. – 2-е изд., пересмотр. – Минск: Изд. центр, 2016. – 151 с.
8. Проект «Зеленая химия для жизни» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.phosagro.ru/international\\_projects/](https://www.phosagro.ru/international_projects/). – Дата доступа: 10.12.2019.
9. Green Chemistry Center of Excellence [Electronic Resource]. – Mode of access: <https://www.york.ac.uk/chemistry/research/green/>. – Date of access: 10.12.2019.
10. Academic Programs [Электронный ресурс]. – Mode of access: <http://tiny.cc/p3i5lz>. – Date of access: 10.12.2019.
11. Beyond 2020: Green Chemistry and Sustainable Chemistry [Electronic Resource]. – Mode of access: <https://cutt.ly/1tR8g6J>. – Date of access: 10.12.2019.
12. Good real world example of wood-based sustainable chemistry / D. Grinshpan [etc.] // Sustainable Chemistry and Pharmacy. – 2017. – V. 5. – P. 1–13.

#### Аннотация

В статье проанализированы учебные программы по «зеленой» химии и химии для устойчивого развития, предлагаемые различными университетами мира на разных ступенях образования, включая Республику Беларусь. Выявлены тенденции в развитии «зеленой» химии в области образования и науки. Определены преимущества отдельных учебных программ, а также актуальные проблемы, требующие решения.

#### Abstract

The article deals with the analysis of the curricula on green and sustainable chemistry available in various universities of the world including the Republic of Belarus, trends in education and science in green chemistry area, benefits of different training programs as well as top problems that need to be solved.