

УДК 340.636.5

### Зеленая химия – новый этап развития химии

*Комлева Л.С., студент  
кафедра «Медико-технические информационные технологии»,  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Курганова А.В., студент  
кафедра «Медико-технические информационные технологии»,  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Фадеев Г.Н., д.п.н., профессор  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)*

Довольно хорошо известны принципы таких наук, как «Экологическая химия» и «Химическая экология». Эти науки изучают, как устранить последствия жизнедеятельности человека, решить уже существующие экологические проблемы. В отличие от них, «Зелёная химия» своей главной целью ставит принцип «Не навреди!». Зелёная химия (*Green Chemistry*) — научное направление в химии, к которому можно отнести любое усовершенствование химических процессов, не оказывающее отрицательного влияния на окружающую среду. Данное направление возникло в 90-х годах XX века и достаточно быстро нашло сторонников в химическом сообществе. Новые схемы химических реакций и процессов, которые разрабатывают во многих лабораториях мира, призваны кардинально сократить влияние на окружающую среду крупнотоннажных химических производств.

В книге П.Т. Анастаса и Дж.С. Уорнера ««Зелёная» химия: теория и практика» сформулированы двенадцать принципов «Зелёной химии», которыми следует руководствоваться исследователям, работающим в данной области:

1. Лучше предотвратить выброс загрязнений, чем потом от них избавляться.
2. Синтез следует планировать так, чтобы максимальное количество использованных материалов вошли в конечный продукт.
3. Следует планировать методы синтеза так, чтобы реагентами и конечными продуктами служили вещества, которые малотоксичны или вовсе нетоксичны для человека и природы.

4. Среди целевых химических продуктов следует выбирать такие, которые наряду с требуемыми свойствами обладают максимально низкой токсичностью.
5. Необходимо по возможности избегать использования в синтезе вспомогательных веществ (растворителей, экстрагентов и др.) или выбирать безвредные.
6. При планировании синтеза нужно учитывать экономические и экологические последствия производства энергии, необходимой для проведения химического процесса, и стремиться к их минимизации. Следует стремиться проводить синтез при температуре окружающей среды и нормальном давлении.
7. Следует использовать возобновляемое сырье там, где это технически и экономически обосновано.
8. Необходимо сокращать число стадий процесса (для этого избегать при синтезе стадий блокирования групп, введения-снятия защиты, временной модификации физико-химических процессов).
9. Каталитические реагенты (по возможности максимально селективные) предпочтительны по сравнению со стехиометрическими.
10. Химические продукты желательно применять такие, чтобы по окончании нужды в них они не сохранялись в окружающей среде, а разлагались до безопасных веществ.
11. Аналитические методики следует развивать так, чтобы в режиме реального времени обеспечивать мониторинг образования продуктов реакции, среди которых могут оказаться опасные.
12. Вещества, используемые в химических процессах, следует выбирать так, чтобы свести к минимуму возможные аварии, включая разливы, взрывы и пожары.

На рисунке наглядно представлены факторы, входящие в понятие «Зелёная химия».



Основные пути, по которым развивается зелёная химия, можно сгруппировать в следующие направления:

- Новые пути синтеза – часто это реакции с применением катализатора, который снижает энергетический барьер реакции, поэтому степень использования исходного продукта увеличивается;
- Замена традиционных органических растворителей – чаще всего на сверхкритические жидкости (флюиды), которые выполняют все функции растворителей, но при этом безвредны для окружающей среды;
- Возобновляемые исходные реагенты – то есть использование биомассы вместо нефти для получения разнообразных веществ.

Внедрение «Зелёной химии» — трудная задача. Однако некоторые продвижения в этой области все же есть. В Великобритании сейчас всячески поощряют взаимодействие учёных и химиков-технологов — раньше такого практически не было. Создаются центры для внедрения «Зелёной химии». В Ноттингемском университете впервые в мире начали читать курс по «Зелёной химии» для студентов-химиков и химиков-технологов последнего года обучения. Сегодня уже недостаточно, чтобы специалист мог подобрать традиционный или наиболее дешёвый реагент для промышленного синтеза, необходимо не только держать в уме весь процесс от начала до конца, но и не забывать о том, что производство должно быть «зелёным».

В целом, в мире доля использования биомассы в качестве сырья составляет всего 0,7 тысячи тонн в год, в то время как ископаемого сырья — 230 миллионов тонн в год. Многие промышленные страны идут по пути совместного развития нефтехимии и «Зелёной химии».

Практические достижения в «Зелёной химии» внедряются и в Россию. В г. Медынь Калужской области и в Сибири, недалеко от Омска, организуются бионефтехимические комплексы, которые из растительного сырья по экологически безопасной биотехнологии, основанной на принципах «Зелёной химии», смогут выпускать биоэтанол и экологически чистые добавки к моторному топливу, а также биополимеры, аминокислоты, обычные органические кислоты и другие продукты.

Наиболее эффективно задачи «зеленой химии» могут быть решены с помощью достижений химической нанотехнологии. Прежде всего это касается основ химического производства, в которых необходимо произвести серьезные изменения. Важнейшие из направлений, в которых особенно важно учитывать принципы «зеленой химии» могут быть реализованы только с помощью нанохимических технологий.

В заключение нужно отметить, что «Зеленая химия» возникла в противовес «черной» химии, оставляющей после себя безжизненную «черную» землю. Благодаря

успехам в области «Зеленой химии» характеристика «зеленый» стала применяться и в других сферах деятельности: экономика, инновационные технологии.

Во-первых, появление «зеленой химии» – это результат третьей научно-технической революции, в которой главную роль будет играть не природное сырьё, а методы его использования.

Во-вторых, основной принцип «зеленой химии» «Не навреди!» изменяет отношение к химии не только учёных и технологов, но и всего человечества. Происходит перестройка всей промышленности на безвредную и безотходную.

В-третьих, с каждым годом отмечается усиливающийся интерес, который вызывает «зеленая химия» в науке, химической промышленности, образовании и других областях жизни, как новый принципиальный подход к осуществлению химических процессов.

В-четвертых, принципы современной «зеленой химии» основаны на достижениях нанотехнологии и наноструктур, то есть развитие этого направления науки зависит от последних достижений химии.

Пока трудно говорить о больших достижениях России в сфере «зеленой химии», ученым и технологам, работающим в этой области, предстоит еще немало сделать для того, чтобы отрасль благоприятно развивалась. Однако никто не сомневается, что ее успешное развитие вскоре станет реальностью.

### Список литературы

1. Анастас П.Т., Уорнер Дж. С. Зелёная химия: теория и практика. Oxford University Press: New York, 1998. 30 p.
2. Голубев А.М., Лебедев Ю.А., Фадеев Г. Н., Шаповал В.Н. Химия. Базовый курс. М: Юрайт, 2014. 527 с.
3. Тотай А.В., Корсаков А.В., Филин С.С. Экология. М: Юрайт, 2014. 175с.
4. Лунин В.В., Тундо П., Локтева Е.С. Зелёная химия в России. М: Изд-во Московского государственного Университета, 2004. 230 с.
5. Торочешников И.С., Родионов А.В., Кельцев Н.В., Клушин В.И. Техника защиты окружающей среды. М: Химия, 1989. 512с.
6. Великородов А.Н., Тырков А.Г. Зеленая химия: методы, реагенты и инновационные технологии. Астрахань: Астраханский университет, 2010. 258 с.