

В. А. Коптюг о роли химии в устойчивом развитии общества

В. М. БУЗНИК

Президиум Хабаровского научного центра Дальневосточного отделения РАН,
ул. Шевченко, 9, Хабаровск 680000 (Россия)

E-mail: bouznik@khsc.khv.ru

(Поступила в редакцию 05.03.2001)

Аннотация

Сделан обобщающий анализ роли химии в устойчивом развитии общества с учетом высказываний и публикаций В. А. Коптюга.

ВВЕДЕНИЕ

Четыре года, прошедшие после кончины В. А. Коптюга, с одной стороны, срок, при котором еще неизгладим его образ, с другой стороны, время начала изучения и развития его идей, замыслов, того, что в широком смысле называется наследием. В последние годы жизни он много и плодотворно занимался вопросами устойчивого развития (УР) как всего общества, так и России. Глубокий анализ парадигмы выливается в обширные тома, написанные специалистами разного профиля: в качестве примера можно привести книгу "Новая парадигма развития России (комплексные исследования проблем устойчивого развития)" объемом в 60 печатных листов [1] или издаваемую под эгидой ЮНЕСКО Encyclopedia of Life Support System (EOLSS), для написания которой привлечены сотни авторов. В таких изданиях теряется последовательность и единая сюжетная линия; кроме того, они рассчитаны на достаточно подготовленного читателя. В то же время, как отмечал Валентин Афанасьевич [2], «...реализация концепции устойчивого развития останется очередной "розовой мечтой" человечества, если ее необходимость не будет осознана большей частью людей на планете, подавляющей частью

общества каждой страны», а для широкой аудитории необходимо простое, сжатое, недетализированное изложение, которое и было сделано им с соавторами в книге [3].

Будучи химиком, он не мог обойти вниманием вопрос о вкладе химии в развитие парадигмы. Так, им был основан журнал "Химия в интересах устойчивого развития", сочетающий упомянутые вопросы и являющийся единственным научно-периодическим изданием по устойчивому развитию в России. В большинстве случаев в журнале обсуждаются конкретные научно-технические, экологические, ресурсосберегающие проблемы химического профиля и реже делается обобщающий анализ. К большому сожалению, вопросы взаимосвязи химии и устойчивого развития не были изложены В. А. Коптюгом в достаточно законченной форме – они обсуждались лишь в ряде статей [2], а потребность в этом имеется. В данной работе сделана попытка обобщить его мысли и высказывания по рассматриваемому вопросу. Разумеется у автора видение проблемы иное, но оно формировалось во многом благодаря общению с Валентином Афанасьевичем и изучению его работ. Автор придерживался популярного изложения с использованием иллюстративных схем и таблиц, чтобы не сужать читательс-

кую аудиторию, что, безусловно, сказалось на глубине и строгости представленного материала.

Может возникнуть вопрос, уместны ли рассуждения химиков по проблемам устойчивого развития общества, поскольку бытует мнение о том, что химикам – химия, а изучение общества – удел представителей общественных наук. Опыт отечественной науки показывает, что многие выдающиеся химики не были узкими специалистами, занимаясь и вопросами развития общества. Так, М. В. Ломоносов – основоположник отечественной химической науки – фактически был организатором университетского образования, а также занимался вопросами создания производства. Другой известный химик – Д. И. Менделеев «более тридцати лет своей жизни посвятил осмыслению исторического пути России, разработке комплексной программы ее экономического и культурного развития» [4]; известна его деятельность в области аграрного и фабрично-заводского дела, таможенных тарифов. Геохимик В. И. Вернадский был основоположником представлений о ноосфере. К этой когорте можно смело отнести и В. А. Коптюга. По-видимому, занятия вопросами развития общества определялись не столько профессиональными интересами выдающихся ученых, сколько высоким уровнем их гражданственности и патриотизма.

ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ ПАРАДИГМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

К концу XX столетия все очевиднее стали проявляться социальные, ресурсные, экологической факторы, указывающие на тупиковость развития цивилизации на базе рыночно-технологического подхода. Эти факторы детально обсуждались в работах В. А. Коптюга и его соавторов [1–3]. Мы же приведем основные из них в табл. 1, определив тип, масштабность, время появления факторов и их связь с химией как в происхождении проблемы, так и в ее решении. Все факторы можно разбить на четыре группы.

Большинство эколого-антропогенных факторов своим происхождением прямо связано с химическими процессами производства. Они появились во второй половине XX века, ког-

да пресс мирового производства на окружающую среду стал сопоставим или превосходил по масштабам природные катастрофы. В последнее время появились факторы глобального масштаба: озоновые дыры и парниковый эффект. Химическая наука прямым участием может обеспечить и технологическое решение отмеченных проблем.

Факторы второй группы связаны с ограниченностью ресурсов планеты и неразумным отношением человека к природе. Эти проблемы на первых этапах носили локальный характер, но в последнее время стали глобальными. Для того, «чтобы “подтянуть” уровень жизни в развивающихся странах, пришлось бы пойти на увеличение изъятия природных ресурсов на два порядка» [2], однако такой возможности нет. Отметим, что ряд факторов зависит не только от конечности ресурсов, но и от несправедливости социальных отношений в обществе. В этой группе химия является прямым или косвенным источником проблем, но ее влияние менее значимо, чем на факторы первой группы.

Факторы третьей группы носят социальный характер, и здесь роль химии еще меньше как в происхождении проблем, так и в их решении. Проблемы застарелые – вся история цивилизации. Колоссальные научно-технические успехи человечества, обеспечившие производство громадных материальных ценностей, не только не решили проблем войн и нищеты, но и усугубили их, поставив цивилизацию на грань самоуничтожения. В масштабном отношении все факторы глобальные.

Факторы четвертой группы – научно-предсказательные. Они основываются на компьютерных расчетах моделей развития человечества при существующем и устойчивом подходе [5, 6], а также предсказаниях последствий ядерного конфликта – “ядерной зимы”. Эти факторы с их трагическими прогнозами сыграли значительную роль, повлияв на умонастроения политиков и граждан, и способствовали позитивному решению ряда проблем и ориентации на устойчивое развитие цивилизации.

Ныне человечество в своем развитии находится в бифуркационной точке с возможностью двух вариантов развития [2]: «Первый исходит из интересов всего человечества, и тогда мы обязаны принять концепцию устой-

ТАБЛИЦА 1

Факторы, способствовавшие появлению концепции устойчивого развития

Фактор	Тип	Время появления	Масштаб	Связь с химией	
				Источник	Решение
Загрязнение водоемов	Эколого-антропогенный	Вторая половина XX века	Локальный, региональный	Прямое участие	Прямое участие
Кислотные дожди	»	То же	То же	То же	То же
Озоновые дыры	»	Конец XX века	Глобальный	»	»
Парниковый эффект	»	То же	»	»	»
Дефицит пресной воды	Ресурсно-антропогенный	Все время, XX век	»	Частично прямое	Косвенное участие
Уничтожение лесов	»	Новая эра, XIX-XX века	»	Прямое, косвенное	То же
Уменьшение биоразнообразия	»	XIX – XX века	»	То же	»
Нехватка питания	Ресурсно-социальный	Вся история	Локальный, глобальный	Косвенное	Прямое, косвенное
Энергетический кризис	»	Вторая половина XX века	То же	»	Прямое
Демографический кризис	Социально-ресурсный	XIX-XX века	»		
Нищета	Социальный	Вся история	Глобальный	»	Косвенное
Войны	»	То же	»	Прямое	»
Моделирование развития общества	Научно-предсказательный	Конец XX века	»	Косвенное	»
Ядерная зима	»	То же	»	Прямое	

чивого развития как основное движение в будущее. Второй вариант – под разговоры об экологической угрозе, о необходимости жить дружно и в мире, ставятся во главу угла интересы развитых стран, благополучие которых зиждется на ограблении в прошлом и настоящем развивающихся стран. При этом выживает так называемый “золотой миллиард”, остальные деградируют и постепенно погибают». Вариант “золотого миллиарда” требует установления тоталитарной общественной системы [7], а таковые, как показывает исторический опыт, в конечном счете неустойчивы. Официально, на уровне глав большинства государств (Конференция Рио-92) концепция устойчивого развития была признана как путь дальнейшего развития человечества.

ПАРАДИГМА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ЕЕ ПРИНЦИПЫ

Необходимо дать определение устойчивому развитию по той причине, что отсутствует общепринятая формулировка. Будем придерживаться определения УР, сформулированного в [3]: «Под термином “устойчивое развитие” (sustainable development) понимается модель движения вперед, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешних поколений людей без лишения такой возможности будущих поколений». Формулировка близка к определению, данному Всемирной комиссией ООН по окружающей среде и развитию (Комиссия Брундтланд) [8].

Отметим некоторые моменты в приведенном определении. Первый состоит в том, что рассматривается модель, ибо в нынешнем эйфорийном отношении к парадигме ее иногда относят к объективно существующей реальности, а любая модель – упрощение реальности. Второй момент заключается в том, что определение предусматривает движение вперед, т.е. развитие, в отличие от устремлений “ультразеленых” к консервации или даже к регрессу общества. Но следует определить термин “развитие”, под которым зачастую понимают количественные изменения параметров общества (численность населения, доход на душу населения, национальный ва-

ловой продукт и т.д.), однако, как справедливо отмечают авторы [6], это понятие включает и качественные вариации. Реальность последнего очевидна при сопоставлении с отдельным индивидуумом: человек не останавливается в развитии, если перестают количественно меняться его физиологические параметры (рост, масса), – он может развиваться интеллектуально, эстетически и т.д.

Третий момент – удовлетворение потребностей людей следует из первого принципа декларации Рио-92: интересы человека – в центре парадигмы устойчивого развития. Этот подход подвергается критике сторонниками чисто биологической оценки человека, утверждающими, что *Homo Sapiens* не следует выделять из других биологических видов. Но это единственный вид, который осознанно действует во всех трех сферах (этносфере, техносфере, экосфере), и, естественно, он должен быть выделен. Но опасения критиков не напрасны: антропоцентричность может создать иллюзию того, что человек находится над природой. Необходимо помнить, что положение человека в природе должно быть не антропо-, а нооцентричным, и человечество должно осознавать свою ответственность за окружающую среду.

Наиболее важный момент определения – учет интересов будущих поколений, которые не должны лишаться возможности развития из-за неразумных действий предшествующих поколений. Попробуем обосновать важность этого фактора. Нынешние поколения интересуются будущим лишь в стратегическом, предсказательном плане, но повседневно людей мало занимает, что надо делать сейчас, чтобы не навредить грядущим поколениям. Д. Медоуз [9] ввел понятие “пространственно-временного распределения интересов людей”, которое можно представить в форме гистограммы (рис. 1).

Пространство в такой трактовке оценивается социальными параметрами: семья, работа, нация, мир. Временные параметры представлены неделями (настоящее), годами (ближайшее будущее), жизнью (перспективное будущее) и жизнью детей (отдаленное будущее). Как видно из рис. 1, основные интересы и заботы людей относятся к настоящему и ближайшему будущему, что касается

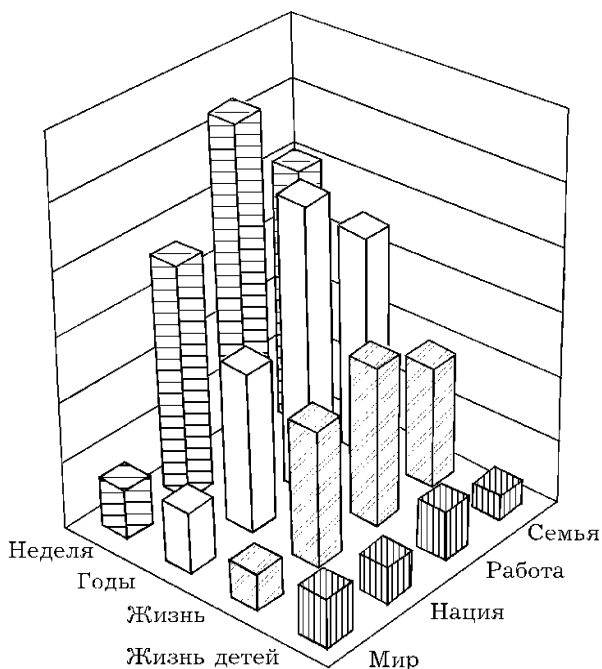


Рис. 1. Пространственно-временное распределение интересов людей.

отдаленного будущего, то ему не уделяется должного внимания. Это приводит к разрыву следственно-причинных связей: настоящее поколение совершает действия (причина), результаты которых (следствия) сказываются на будущих поколениях. Зачастую эти следствия негативны и необратимы. Учет в современной деятельности интересов грядущих поколений – способ устранения отмеченного разрыва.

Приведенное определение парадигмы носит концептуальный характер, а психология человека такова, что требует конкретной ясности. Обрисовать УР в коротком определении с желаемой конкретностью и детальностью сложно, в то же время необходимо знать условия, факторы, механизмы, которые должны использоваться при реализации парадигмы. Поэтому в Декларации Рио-92 были сформулированы двадцать семь принципов формирования устойчивого развития, которые можно разделить на четыре группы (рис. 2): экологические, социально-международные,



Рис. 2. Схема взаимосвязи сообщества и принципов устойчивого развития.

философско-мировоззренческие и научно-технические. Общество на рис. 2 представляет собой пересечение трех сфер – экосферы, социума и техносферы, как это сделано в работе [3]; в нашем случае отличие состоит в том, что термин “социум” заменен на понятие “этносфера”, вслед за Л. Н. Гумилевым [10].

Социально-международные принципы связаны с установлением справедливых межгосударственных, межэтнических, конфессиональных, социальных и имущественных отношений, демографической стабильностью и искоренением войн. Принципы экологической группы включают рациональное использование природных ресурсов, рачительное отношение к окружающей среде, экологическую стабильность и т.д. К философско-мировоззренческой группе относятся принципы, связанные с установлением взаимоотношений человека с обществом и природой, с формированием соответствующей этики и морали. Принципы этой группы должны обеспечить всеобщее принятие философии рационального потребления, а для этого, по мнению Валентина Афанасьевича, необходим приоритет духовных ценностей над материальными, общественных интересов над индивидуалистическими, государственного регулирования над действием чисто рыночных сил [2]. Научно-техническая группа включает принципы, обеспечивающие решение конкретных технических, производственных, экологических, социальных задач, анализ развития общества в прошлом и будущем, мониторинг общества и окружающей среды, создание интеллектуальной базы для формирования культуры, мировоззрения, образования и просвещения, поиск и реализацию упреждающих мер.

Принципы УР являются плодом осмысления учеными не только драматизма нынешнего состояния общества, но и опыта всего человечества. Почти пятьсот лет назад, анализируя историю древнего Рима, Н. Макиавелли [11] утверждал: «Римляне поступали так, как надлежит поступать всем мудрым правителям, то есть думали не только о сегодняшнем дне, но и о завтрашнем, и старались всеми силами предотвратить возможные беды, что не трудно сделать, если вовремя принять необходимые меры...» В сказанном просматривается основное положение концепции

устойчивого развития – забота о будущих поколениях; кроме того, отображен принцип упреждающих мер, в соответствии с которым следует устранять причины негативных явлений и процессов, а не их следствия.

Связь между принципами и сообществом осуществляется посредством различной деятельности отдельных людей и сообщества в целом. В качестве основных видов деятельности Валентин Афанасьевич называл [2] образование, культуру, науку; добавим к ним политику, производственную деятельность и религию (см. рис. 2). Каждый из перечисленных видов деятельности имеет свои особенности, предназначение и области приложения, но их не следует рассматривать как независимые или альтернативные – они дополняют друг друга.

НАУКА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Из всех моделей и форм построения гармоничного общества, а именно так можно рассматривать УР, его концепция наиболее проработана с научной точки зрения. Более того, сама парадигма появилась в определенной степени как результат научных исследований, что отображено в табл. 1, хотя именно научно-технический прогресс стал источником некоторых проблем, упомянутых в табл. 1. Роль науки в становлении парадигмы В. А. Коптюг определял следующим образом [2]: «Наука должна обеспечить более глубокое понимание глобальных проблем человечества и нахождение путей их решения...».

Наука участвует в реализации принципов устойчивого развития всех групп (см. рис. 2) через новые знания, которые используются в развитии четырех направлений: 1) образование, просвещение; 2) культура, мировоззрение; 3) природа, общество, человек; 4) производительные силы [12]. Воплощение знаний в продукты, действия, услуги осуществляется через внедренческие структуры, которые могут иметь различные формы. Развитие системы наука – общество возможно лишь при наличии обратной связи, посредством которой наука получает от общества необходимую моральную, материальную и дружную поддержку.

ТАБЛИЦА 2

Конкретные действия науки в развитии устойчивого общества

Действия	Сфера	Время
Мониторинг	Экосфера, этносфера, техносфера	Прошлое, настоящее
Анализ	Экосфера, этносфера, техносфера	Прошлое, настоящее
Технология	Экосфера, техносфера	Настоящее, будущее
Организационные формы	Этносфера	Настоящее, будущее
Мировоззрение	Экосфера, этносфера, техносфера	Прошлое, настоящее, будущее
Прогнозирование	Экосфера, этносфера, техносфера	Будущее

Действия науки в становлении и развитии общества проявляются в ряде конкретных форм [12], которые показаны в табл. 2. Первая форма – мониторинг – представляет собой наблюдение за качественным и количественным состоянием общества, окружающей среды, антропогенной деятельностью и т.д. Данные мониторинга составляют основу других форм научной деятельности. Поскольку мониторинг подразумевает последовательность наблюдений, он связан с прошлым и настоящим и проецируется в будущее во всех трех сферах (см. табл. 2). Вторая форма – научный анализ развития и состояния общества в прошлом и настоящем.

Следующую форму можно определить как технологию, подразумевая конкретные научно-технические решения, обеспечивающие развитие техносферы, производительных сил. Наука должна обеспечивать и организационные решения, способствующие экономическому и социальному развитию, установлению оптимальных взаимоотношений человека с обществом, природой, межгосударственных отношений (организационные формы). Наука создает базу для формирования адекватного мировоззрения как человечества в целом, так и отдельных этносов, является основой для формирования философских воззрений, культуры, этики. И, наконец, – прогнозирование: предсказание возможных путей развития человечества в целом и отдельных стран. Прогнозирование тесно связано с моделированием, что отображено в табл. 1.

РЕТРОСПЕКТИВА ХИМИИ В РАЗВИТИИ ОБЩЕСТВА

Являясь наукой о веществе в наиболее распространенной (атомно-молекулярной) форме, химия не может быть не центральной нау-

кой. Важность и значение химии определяются той ролью, которую сыграли и играют химические реакции, процессы и вещества в формировании планеты, в создании живого (биосферы), в круговороте веществ, обеспечивающих жизнедеятельность экосферы в целом. Не менее значима ее роль в развитии цивилизации [13], что следует из ретроспективной схемы взаимосвязи химии с основными областями деятельности общества (рис. 3). Остановимся на их анализе.

Сельское хозяйство. Переход от собирательства к земледелию и от охоты к животноводству явился ключевым моментом в становлении цивилизованного общества. При этом химия сыграла значительную роль, обеспечив создание нового, более совершенного сельскохозяйственного инструментария, например металлических плугов, моторных топлив. Более прямое ее участие выразилось в появлении таких разделов, как агрохимия и ветеринарная химия. Первая создала удобрения, обеспечивающие повышение урожайности, и средства для борьбы с сорняками и вредителями, вторая – лечебные препараты, обеспечивающие здоровое поголовье животных и стимулирующие его товарные показатели.

Здоровье. Использование химических продуктов для лечебных целей известно с незапамятных времен. В XIV веке появился раздел химии – ятрахимия, стремившаяся описать медицинские и биологические процессы химическими понятиями. Как и алхимия, он оказался тупиковым, но способствовал развитию химии в целом и ее применению в медицине. Современная химия помимо лекарств создает различные материалы, необходимые при лечении, начиная бинтами и кончая искусственными органами. Достаточно вспом-



Рис. 3. Роль химии в развитии человечества.

нить стоматологию, использующую различные металлические, керамические, цементные и композитные материалы, которые обеспечили прогресс этого раздела медицины. Без новых химических материалов невозможно создание многочисленных медицинских инструментов и оборудования.

Питание. Роль химии в этой области косвенно проявляется в сельскохозяйственном производстве продуктов, но особую роль сыграл огонь – пирохимический процесс, который обеспечил переход на иной уровень питания человека. Химические и биохимические процессы соления, маринования, сахаражения обеспечили возможность заготовки продуктов впрок, что позволило человечеству легче переносить межсезонье и осваивать климатически сложные регионы. Процессы перегонки и брожения были использованы для производства не встречаемых в природе продуктов (вина, водки), сыгравших в российской ментальности большую роль, чем просто продукты питания. Многие отрасли современной пищевой промышленности невозможны без химических процессов, а химические материалы обеспечивают создание пищевого и кухонного оборудования.

Быт. Бытовое применение химии, по-видимому, началось с производства керамической посуды более трех тысяч лет до новой эры. Без химии трудно представить производство большого ассортимента бытовой техники и оборудования. К быту можно отнести и жилье, строительство которого включает большое число материалов, производимых с использованием химических веществ и процессов.

Финансы. Роль химии в этой области была значительной на первых этапах становления общества. Химия создала материалы, которые стали эталоном экономических и финансовых взаимоотношений, в первую очередь золото. Трудно представить, как развивалось бы общество, не будь таких эталонов. Стремление найти способы неприродного получения золота и серебра привело к появлению алхимии. Важен вклад химии и в создание материалов, позволивших производить вначале бумажные, а затем пластиковые деньги.

Информация и коммуникация. Умение хранить и передавать опыт, знания сыграло значительную роль в социальном становлении человечества. Первый материал, который человек пытался использовать для этой цели, –

природный камень, все последующие носители информации были искусственными (глиняные таблички, бумага, современные электронные и оптические носители), и химия имела к ним непосредственное отношение. Немаловажную роль сыграло создание чернил и красок, обеспечивших развитие письменности, книгопечатания и живописи. Появлению новых носителей информации зачастую способствовал скачок в информатике: достаточно сопоставить объем информации и оперативность ее использования на глиняных табличках, книгах и на электронных носителях.

Транспорт. Значение химии в развитии транспортных средств определяется созданием материалов, из которых изготавливаются эти средства, горючесмазочных веществ, обеспечивающих энергетику транспорта, материалов для строительства дорог.

Энергетика. В большинстве случаев тепловая и электрическая энергия (до 95 %) производится сжиганием природного топлива (древесины, угля, нефтепродуктов, газа и др.), что непосредственно связано с химией. Однако незаменимую роль химические процессы и материалы играют в ядерной, гидро- и нетрадиционной энергетике.

Промышленность. Практически вся промышленность на протяжении всей ее истории была связана с химией в форме используемых процессов, материалов, оборудования, сырья, инструментария. Более 75 % используемых человечеством материалов проходят химическую обработку в процессе производства.

Вооружение. С появлением новых химических материалов в вооружении происходили качественные скачки: например, металл обеспечил создание более качественного холодного оружия, порох – огнестрельного, ядерные материалы – ядерного, специальные сплавы и топливо – ракетного. Следует отметить и создание химического оружия.

Менее явным было влияние химии на **культуру**, но и здесь следует отметить роль химических материалов (бумаги, чернил, красок и др.) в становлении книгопечатания, живописи.

Однако кроме положительного (и благотворного!) влияния химии на развитие общества, существуют и негативные стороны это-

го влияния, отражающиеся на устойчивом развитии. Прежде всего это химическое оружие, относимое к категории массового поражения и действующее не только на человека, но и на флору и фауну. Далее – это неэкологичные химические выбросы, отходы производства, а также отработанные химические продукты, чья высокая концентрация привела к ряду глобальных и региональных экологических катастроф (см. табл. 1). В подтверждение сказанного уместны слова Валентина Афанасьевича [2]: «Важной ролью химических отраслей промышленности мы, химики, можем гордиться, но эта гордость тускнеет, когда речь заходит о прямом и косвенном вкладе порожденных химией отраслей в загрязнение и разрушение окружающей среды». Очевидно и то, что только химическая наука способна разрешить созданные экологические проблемы. Химические процессы способны предохранить природу от загрязнений, а выбросы и отходы не только нейтрализовать (сделать их неопасными для человека и окружающей среды), но и превратить в вещи, полезные для дальнейшего использования.

АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ

Место химических объектов в материальном мире изображено на рис. 4. Весь набор материальных объектов обычно делят на микросферу, макросферу и мегасферу [14]. Физические параметры объектов (размеры, масса, время жизни) приведены на указанном рисунке. В первую сферу входят элементарные частицы, ядра, атомы, объекты второй – конгломераты атомов и молекул, при этом, исходя из размеров объектов, сферу делят на нано- и мезосферу. Сюда относятся и молекулы, и крупные образования технического, природного происхождения. Мегасфера – область планетарных и более крупных объектов. Если рассматривать формы строения, то химическая охватывает макро- и мегасферы, тогда как физическая – микро- и частично мегасферные объекты (радиационные, плазменные поля, космические лучи и т.д.). Наиболее богата по формам организации объектов макросфера, где кроме чисто химических образуются биохимические, биологичес-



Рис. 4. Схема объектов материального мира.

кие, социальные и другие системы. Макросфера включает структуры всех трех сфер: экосферы, этносферы, техносферы, тогда как для микросферы характерны лишь техносферные структуры, для мегасферы – экосферные. Из приведенной схемы очевидно, что химия будет иметь прямое отношение ко многим объектам и процессам макро- и мегасфер.

Общий перечень известных разделов химии насчитывает более семидесяти наименований [12], при этом опущены разделы, связанные с конкретными объектами и химическими элементами (химия силикатов или фторидов, водородная химия и т.д.). Такое количество вряд ли найдется у других наук. В перечне можно выделить некоторые группы разделов. Междисциплинарные, сопряженные с другими науками видны по названиям: физхимия, биохимия, геохимия и др. Имеются разделы, связанные с определенными воздействиями и методами исследований: криохимия, магнетохимия, квантовая химия и др. Ряд разделов связан с определенными природными объектами (почвохимия, лесохимия), а также отраслями хозяйственной деятельности (нефтехимия, углехимия, химическая энергетика). Надо отметить, что химия тесно связана с бытом (автохимия, бытовая химия), что не характерно для других наук. Она (химия) охватывает широкую по габаритам гам-

му объектов: от микро- (ядерная химия) до макро- (космохимия).

Классификация по специальным разделам – исторически сложившийся факт, связанный со стремлением к более глубокому и профессиональному исследованию, однако она сопровождается расчленением единой науки, что идет в ущерб широте охвата, универсализму, взаимопониманию и взаимосвязи специалистов отдельных разделов. Разумеется, использовать специализационное деление сложно и неудобно, поэтому периодически предлагаются другие классификации. При анализе перспектив развития химии авторы [15] ввели восемь разделов: 1) искусство химического синтеза; 2) химическая структура и функция; 3) управление химическими процессами; 4) химическое материаловедение; 5) химическая технология; 6) химическая энергетика; 7) химическая аналитика и диагностика; 8) химия жизни.

Валентин Афанасьевич в рамках программы "Химия и окружающая среда" IUPAC сформулировал шесть задач, стоящих перед химией [16]: 1) определение следовых количеств химических веществ; 2) определение основных физико-химических характеристик окружающей среды; 3) изучение сложных путей превращения химических веществ в природе; 4) токсикология природных и синтети-

ческих продуктов питания; 5) предупреждение загрязнения окружающей среды; 6) химическая безопасность.

На наш взгляд, при обсуждении роли химии в устойчивом развитии общества более удобна другая классификация, которая представлена в [12]; в несколько измененном виде она выглядит так: 1) познавательная химия; 2) производственная химия; 3) экологическая химия; 4) химический мониторинг; 5) ресурсосберегающая химия; 6) химия жизни; 7) химия для человека. Классификация субъективна и несовершенна, а потому может вызвать справедливые нарекания. Деление условное, и одно конкретное действие может относиться к разным разделам: к примеру, химический анализ объектов окружающей среды связан с мониторингом, экологическим и производственным разделами и химией для человека. Иными словами, все разделы взаимосвязаны. Ниже остановимся на их анализе.

Познавательная химия

Этот раздел, связанный с получением новых знаний, может вносить непосредственный вклад в развитие устойчивого общества. Прямое влияние познавательной химии осуществляется через просвещение, образование. Трудно представить человека, не знающего свойств окружающих предметов и материалов, более того, в нынешнее время незнание опасно для обывателя. С другой стороны, через химическое образование формируется понимание строения природы, а следовательно, мировоззрение общества, поскольку без понимания материального строения отдельных объектов невозможно построить общую картину мироздания. Через мировоззрение идет становление культуры, философии взаимосвязи человека внутри общества и с окружающей средой. В приведенном определении УР предусматривается движение вперед, а без новых знаний, включая те, что дает познавательная химия, такое движение невозможно. Получение новых знаний – естественная и необходимая потребность как отдельного человека, так и общества в целом, и прекращение познания равносильно гибели человечества. Опосредованное влияние познавательной химии на УР происходит через дру-

гие разделы химии. Очевидно, что без химических знаний невозможна деятельность в производственной и ресурсосберегающей химии, не может осуществляться химический мониторинг, не могут быть поняты процессы в окружающей среде и предотвращены их негативные последствия. Разумеется, необходимы все углубляющиеся знания о человеке, о живом, без которых невозможно развитие химии для человека и химии жизни.

Производственная химия

Технологические процессы, совершаемые с материалами и меняющие их состав, агрегатное состояние, морфологию под воздействием других химических объектов и внешних параметров, относятся к производственной химии. Без химических процессов невозможно представить ни одну современную отрасль промышленности и строительства.

Производственная химия связана со всеми основными отраслями производства, обеспечивающими материальную базу общества, она охватывает масштабные отрасли промышленности, сельское хозяйство, ресурсодобывающие отрасли, транспорт, строительство. Следует отметить, что роль производственной химии в мире растет, свидетельство тому – ее вклад в наукоемкие отрасли: атомную, авиакосмическую промышленность, информатику. Значение производственной химии подчеркивает тот факт, что американцы считают основным инновационным достижением страны (фактически мира) в XX веке внедрение катализаторов в производство моторного топлива, осуществленное русским химиком В. М. Ипатьевым, поскольку новая технология на четверть увеличила национальный валовой продукт страны.

Экологическая химия

Этот раздел зачастую именуют “зеленой” химией; в нем можно выделить два направления: химия окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Первое связано с защитой окружающей среды от пагубного естественного и антропогенного воздействия. Защита состоит как в устранении последствий воздействия, так и в со-

здании условий, исключающих его возникновение (принцип упреждающих мер). Конкретно это может выражаться в создании технологий, дружелюбных к окружающей среде, с минимально возможными выбросами и отходами; в разработке методов очистки технологических выбросов; в создании максимально безопасных способов складирования вредных и токсичных отходов; в синтезе заменителей невозобновляемого естественного сырья. Разумеется, отмеченные вопросы не могут быть решены без участия химии.

Второе направление, тесно связанное с ресурсосберегающей химией, нацелено на достижение максимума в рациональном использовании природных ресурсов. К глубокому сожалению, в настоящее время степень их рационального использования низка, особенно в России. Зачастую извлекается один продукт (материал), а остальные уходят в отвалы, поскольку в данный момент для данного предприятия они нерентабельны, а иногда и просто не интересны.

Ресурсосберегающая химия

Все материальное – конечно, поэтому общество должно понимать ограниченность ресурсов окружающей среды и заботиться об их рациональном использовании. Задачей ресурсосберегающей химии является «минимизация удельных расходов сырья и энергии при всех видах производства» [2]. Ее действие можно разделить на три основных направления: энергосбережение, сбережение материалов, переработка отходов и выбросов, которые связаны между собой, как показано на рис. 5.

Энергия – наиболее «распыляемый» ресурс, она быстро переходит в другие невозобновляемые формы и более всего нуждается в сбережении [16]. Подавляющая доля антропогенной энергии создается за счет пирохимических процессов – сжигания угля, нефти, газа. Возможности химии в энергосбережении велики: прежде всего это разработка технологий, обеспечивающих уменьшение затрат энергии на производство единицы продукта. Для этого необходимо создание новых видов химического топлива, обеспечивающих энергетическую и экологическую эффективность (например, водородная энергетика). «Не-

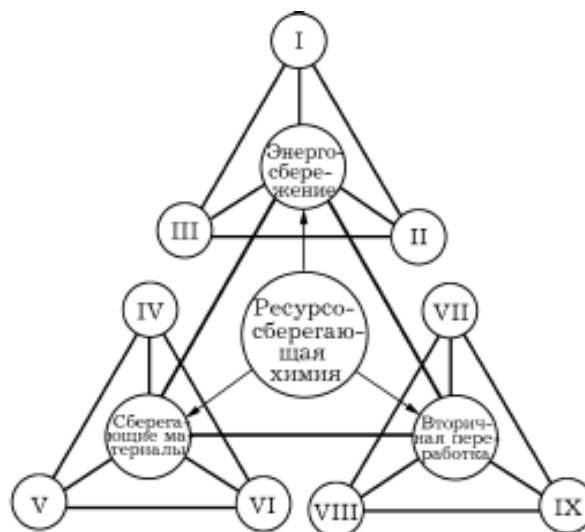


Рис. 5. Ресурсосберегающая химия: I – энергосберегающие технологии; II – новые топливные материалы; III – новые технологии производства энергии; IV – теплоизолирующие материалы; V – материалы, сберегающие энергию; VI – материалы, улучшающие эксплуатацию оборудования; VII – переработка отходов; VIII – переработка выбросов; IX – рециклизация продуктов.

обходимо расширение работ по химии возобновляемого сырья с учетом неизбежного вытеснения им части невозобновляемого» [2]. Требуются новые эффективные технологии получения энергии как с известными, так и с новыми энергоносителями, например сжигание в кипящем слое, привлечение каталитических материалов [17].

Далее идет создание сберегающих материалов, обеспечивающих сохранность энергии и ее полезное использование, например теплоизоляционных, антифрикционных. Сюда же следует отнести материалы, улучшающие эксплуатацию и сроки работы оборудования, механизмов.

Третье направление связано со вторичной переработкой отходов и выбросов производства и быта с целью получения товарных продуктов.

Химический мониторинг

Сущность химического мониторинга состоит в анализе химического состава и состояния всех компонент устойчивого сообщества: экосферы – от микро- до мегаобъектов; техносферы, включая технологические процессы и продукты, выбросы; этносферы – в части, связанной со средой обитания и состоя-

нием человека. Трудно себе представить жизнь без химического мониторинга, ибо он обеспечивает понимание процессов и явлений естественного и антропогенного характера, сохранение окружающей среды и нормальных условий биосферы, создание оптимальных устойчивых технологий, обнаружение симптомов глобальных и локальных экологических катастроф. «Непрерывное наблюдение за состоянием окружающей среды – необходимое условие реализации устойчивого развития» [2]. Ярким примером полезности химического мониторинга явились наблюдения за составом атмосферы и льда в Антарктиде, позволившие установить истощение озонового слоя и зависимость среднепланетарной температуры от содержания CO_2 в атмосфере, названную парниковым эффектом [6, 18].

Химический мониторинг создает информационную базу для всех действий науки в отношении развития общества и окружающей среды. Мониторинг необходим для выявления и объяснения свершившегося, понимания состояния настоящего, на его основе вырабатываются предупреждающие действия.

ХИМИЯ ЖИЗНИ

Выше отмечалось, что химические процессы и вещества сыграли основополагающую роль в возникновении жизнеспособных систем и обеспечивают их жизнедеятельность. Предназначение этого направления – химическое, биохимическое понимание строения и функционирования живых объектов, при этом важна не только познавательность, но и практическое приложение. Этот раздел химии всегда был интересен для общества, достаточно вспомнить ятрахимию. Следует отметить, что биологические объекты крайне сложны для изучения на молекулярном уровне, ибо нет простых соотношений (как в неорганической химии) между составом, строением и тем более свойствами. Для биосистем характерна высокая зависимость функциональных свойств от самоорганизации. Живые (биологические) объекты, по классификации [19], являются мягкими: «изменяющими свои свойства под очень слабым внешним воздействием», что также усложняет исследование.

Химия для человека

Выделим четыре направления в этом разделе: химия здоровья, химия воды, пищевая и бытовая химия. Первое включает в себя деятельность, связанную с созданием медицинских препаратов и методов, применяемых при лечении заболеваний и их профилактике. Ныне на планете ощущается глобальный недостаток пресной воды, запасы которой неуклонно уменьшаются, и эта проблема, по мнению специалистов, является второй угрозой для человечества, после ядерной войны. Значение химии в сохранении запасов пресной воды велико: разработка технологий получения и очистки пресной воды; создание технологий, исключающих потребление воды или обеспечивающих замкнутый цикл; поиск и совершенствование способов производства и хранения качественной пресной воды; очистка сточных и производственных вод. Вопрос питания – один из основных для человечества, и без его решения нет смысла говорить об устойчивом развитии. Пищевая химия связана с переработкой, хранением продуктов питания, к ней относится разработка новых форм пищевых продуктов, включая искусственные. К направлению бытовой химии можно отнести строительную химию, производство химических товаров народного потребления, другие разделы, например автохимию.

РОЛЬ ХИМИИ В ОЗОНОВОЙ ПРОБЛЕМЕ

Общие рассуждения о роли химии в устойчивом развитии полезно проиллюстрировать на конкретном примере – истории “озоновой дыры”. Она началась четверть века назад, когда была опубликована статья о разрушительном действии атомарного хлора на озон [20], затем было установлено, что одним из источников хлора в стратосфере являются хлорфторуглеродные соединения (ХФУ) [21]. Это было неожиданным, поскольку ХФУ считались идеальным химическим продуктом: они нашли широкое практическое применение в качестве хладагентов, наполнителей аэрозольных баллонов и в других областях; их производство достигало миллиона тонн в год. Будучи инертными в обычных

условиях, они представлялись безвредными материалами, сохраняющимися в атмосфере десятки лет. Однако, попав в верхние слои атмосферы, молекулы ХФУ разлагаются под действием солнечного излучения с выделением атомарного хлора, который разрушает озон, выступая катализатором деструкционного процесса: один атом хлора может разрушить до 10^5 молекул озона, поэтому даже малое количество ХФУ в атмосфере может быть губительным.

Эта научная информация, став достоянием политиков и представителей экологических организаций, привела к тому, что в США в 1978 г. был введен запрет на использование ХФУ в качестве аэрозольных распылителей. Потребители бойкотировали аэрозольные баллончики, при этом бойкот имел больший эффект, чем запрет правительства.

Разрушительное действие ХФУ носит глобальный характер, и акции одного государства, даже основного производителя (США), не могли быть эффективными, поэтому необходимы согласованные международные мероприятия. Однако на первом этапе интернациональные действия не имели желаемого результата: так,

Венское совещание 1985 г. смогло лишь высказать рекомендацию по ограничению производства и использования ХФУ.

Ключевым моментом в истории стало обнаружение английскими исследователями резкого уменьшения содержания озона (на 40 %) в атмосфере над Антарктидой [22]. В последующие два года велись интенсивные и всесторонние исследования, подтвердившие истощение слоя. Реальность угрозы сделала политиков стоворчивыми, и в 1987 г. был подписан Монреальский протокол о веществах, разрушающих озоновый слой, в соответствии с которым тридцать шесть стран обязались ввести ограничение с последующим снижением производства пяти основных ХФУ. Однако этого оказалось недостаточно, поскольку накопившиеся в атмосфере ХФУ будут еще длительное время воздействовать на озоновый слой, в связи с чем потребовался полный запрет. В 1990 г. в Лондоне было подписано соглашение о запрещении производства девяти соединений, его поддержала 91 страна.

Роль химии в "озоновой" истории представлена на рис. 6. *Познавательная химия* создала ХФУ, *производственная химия* обеспечи-

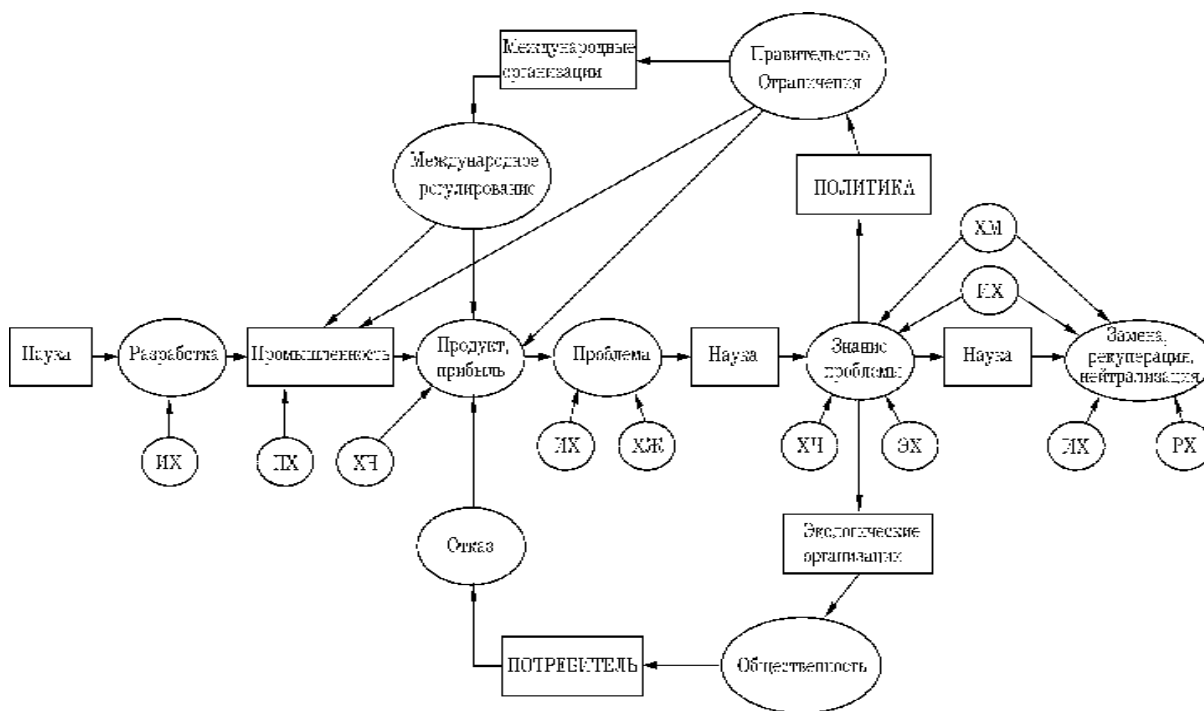


Рис. 6. Организационная схема создания - производства - регулирования ХФУ (ПХ - производственная химия, ИХ - исследовательская (познавательная) химия, ЭХ - экологическая химия, ЕХ - ресурсосберегающая химия, ХМ - химический мониторинг, ХЧ - химия для человека, ХЖ - химия жизни).

ла их производство, получая за это прибыль. *Химия для человека* нашла удобное применение веществ в быту. Далее *познавательная химия* установила негативное действие ХФУ на озоновый слой, *химия жизни* – влияние его последствий на живые организмы. Для прекращения разрушения озонового слоя в схеме должен быть контур отрицательной обратной связи, регулирующий производство ХФУ. Описанные выше события можно представить двумя контурами. Первый – общественный: экологи, получив информацию от ученых, сформировали негативное общественное мнение по отношению к аэрозольным баллончикам, потребители ответили на это бойкотом. Другой – политический: правительство, понимая драматичность ситуации и желая “набрать очки” на общественной волне, ввело ограничения на объем производства и дополнительные налоги. Далее в этот контур включились международные организации, деятельность которых привела к Монреальским и Лондонским соглашениям, дававшим надежду на стабилизацию.

У науки есть возможность продолжить историю поиском и созданием производства заменителей ХФУ, не действующих разрушительно на озоновый слой, рекуперацией уже произведенных соединений. *Познавательная химия* должна создать базу для получения экологичных заменителей. Роль *химического мониторинга* очевидна – он установил факт истощения слоя и в дальнейшем остается важным элементом слежения за состоянием земной атмосферы. Не менее очевидно значение *экологической и ресурсосберегающей химии*, которые должны сыграть важную роль в рациональном использовании уже произведенных и находящихся в атмосфере ХФУ. Что касается разделов *химия жизни* и *химия для человека*, то их роль состоит не только в создании продуктов для широкого общественного потребления, удобства жизни человека, но и в обеспечении понимания губительного действия трансформации солнечного спектра на живые организмы в результате разрушения озонового слоя.

Успех “озоновой истории”, даже если причина заключается не в ХФУ, поучителен – создан прецедент, когда ученые, политики, общественность, производители нашли фор-

мы взаимопонимания и борьбы с глобальной катастрофой. У этой истории появились последователи: в 1997 г. в Киото состоялось международное совещание, лимитировавшее выброс в атмосферу антропогенных газов, приводящих к парниковому эффекту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сказанное выше в определенной степени освещает значение химии в устойчивом развитии, однако обеспечить реализацию УР лишь научными (включая химические) знаниями невозможно. Потребуется согласованное взаимодействие науки с другими областями деятельности общества, отмеченными на рис. 2 (образованием, производством, культурой, религией, политикой). Как отмечал В. А. Коптюг [2], «нельзя обеспечить экологическую безопасность планеты в социально несправедливом мире», а для построения справедливого мира требуется изменение мировоззрения общества, поскольку «...погоня за прибылью и стремление к необузданному потребительству не могут более рассматриваться как движущие силы развития цивилизации в нужном направлении» [2]. По этим причинам Валентин Афанасьевич активно работал в других, нехимических областях.

Автор благодарит Т. С. Медведеву за помощь в подготовке текста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Новая парадигма развития России (комплексные исследования проблем устойчивого развития), Под ред. В. А. Коптюга, В. М. Матросова, В. К. Левашова, Академия, Москва, 1999.
- 2 В. А. Коптюг, Наука спасет человечество, Изд-во СО РАН, Новосибирск, 1997.
- 3 В. А. Коптюг, В. М. Матросов, В. К. Левашов, Ю. Г. Демьянко, Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России: проблемы формирования национальной стратегии, Изд-во “Дальнаука”, Владивосток, 1997.
- 4 Ю. И. Соловьев, Д. И. Менделеев, *Вестн. РАН*, 70, 1 (2000) 57.
- 5 D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, *The Limits to Growth*, Universe Books, New York, 1972.
- 6 Д. Х. Медоуз, Д. Л. Медоуз, И. Рандерс, *За пределами роста*, Прогресс, Москва, 1994.
- 7 Н. Н. Моисеев, *Вестн. РАН*, 10 (1999) 937.
- 8 World Commission on Environment and Development (WCED), *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford, 1987.
- 9 Н. П. Тарасова, Г. А. Ягодин, От экологического образования к образованию для устойчивого развития.

- Шаги века: Юбил. сб. Российского химико-технологического ун-та, Издательский центр РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва, 1998, с. 87.
- 10 Л. Н. Гумилев, *Конец и вновь начало*, Танаис ДИ-ДИК, Москва, 1994, с. 38.
- 11 Н. Макиавелли, *Государь: Сочинения*, ЭКСМО-пресс, Москва, 1998, с. 54.
- 12 В. М. Бузник, *Роль химии в устойчивом развитии общества*, Изд-во "Дальнаука", Хабаровск, 1999.
- 13 А. М. Чекмарев, *Химия – близкое и далекое*, Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва, 2000.
- 14 О. С. Сироткин, *Химия на пороге XXI века*, Изд-во КГТУ, Казань, 1998.
- 15 В. А. Легасов, *Проблемы развития химии: Прорыв в будущее*, Знание, Москва, 1987.
- 16 В. Ф. Мясоедов, Я. М. Трутнева, В. А. Коптюг в международном союзе по теоретической и прикладной химии: Памяти Валентина Афанасьевича Коптюга, Изд-во СО РАН, Новосибирск, 1999, с. 16-21.
- 17 В. Н. Пармон, *Химия в интересах устойчивого развития*, 8, 4 (2000) 555.
- 18 Э. Вайцзеккер, Э. Ловинс, Л. Ловинс, *Фактор четыре*, Academia, Москва, 2000.
- 19 П.-Ж. де Жен, Ж. Бадос, *Хрупкие объекты*, Мир, Москва, 2000.
- 20 R. S. Stolarski, R. G. Cicerona, *Can. J. Chem.*, 52 (1974) 1610.
- 21 M. J. Molina, F. S. Rowland, *Nature*, 249 (1974) 810.
- 22 J. C. Farman, B. G. Gardiner, J. D. Shanklin, *Ibid.*, 315 (1985) 207.