**Физика и экология**

Трухин В.И., Показеев К.В., Шрейдер А.А.

Для многих эти понятия - физика и экология - кажутся несовместимыми. Ведь физика, внедрение ее результатов в промышленность представляются как один из главнейших источников загрязнения окружающей среды. И действительно, атомная промышленность, энергетика, другие отрасли, широко использующие достижения физики, дают немало примеров отрицательного воздействия на окружающую среду.

Но физика имеет к экологии и другое, наполненное положительным содержанием , отношение. Об этом и поговорим.

Существуют различные толкования термина "экология". Согласно классическому определению, экология как самостоятельная наука относится к наукам биологическим, да и сам термин "экология" был предложен немецким биологом-эволюционистом Э. Геккелем. Наряду с таким "биологическим" пониманием экологии в современном обществе существует понятие "экология" как представление об уровне техногенного загрязнения окружающей среды, представление об экологии как науке, занимающейся изучением антропогенного воздействия на окружающую среду и разработкой методов уменьшения этого воздействия. Такие представления не являются научными, но именно они наиболее широко распространены в обществе, а также среди ученых, занимающихся прикладными исследованиями.

Новое понимание экологии возникло на основе теории систем, термодинамики открытых систем и является наиболее "физическим". Это понимание экологии восходит к работам А.А. Богданова, В.И. Вернадского. Богданов еще в начале XX века высказал мысль о том, что законы организации должны действовать не только в живой, но и неживой природе. Наличие структур, организованность - это важнейшие черты природы. Вернадский, развивая учение о биосфере и ноосфере, использовал понятие организованности как важнейшего свойства материальных и энергетических частей биосферы. И считал, что антропогенное воздействие может стать более мощным геологическим и геохимическим фактором, чем все природные процессы вместе взятые. Согласно В.Г. Горшкову, при полном нарушении скоррелированного взаимодействия видов в естественных сообществах биоты окружающая среда может полностью (на 100%) исказиться за десятки лет. Если же вся биота будет уничтожена, то искажение окружающей среды на 100% за счет геофизических процессов произойдет только за сотни тысяч лет.

Начиная по крайней мере с XX столетия биота суши перестала поглощать избыток углерода из атмосферы. Наоборот, она стала выбрасывать углерод в атмосферу, увеличивая загрязнение окружающей среды, производимое промышленными предприятиями. Это означает, что структура естественной биоты суши нарушена в глобальных масштабах. Что касается всей биосферы, можно констатировать, что ее современное частично загрязненное состояние обратимо, она может вернуться в прежнее устойчивое состояние при сокращении антропогенного загрязнения на порядок величины. Другого устойчивого состояния биосферы не существует, и при сохранении или ускорении темпов возмущения биосферы устойчивость окружающей среды будет разрушена. Отсюда следует, что ноосфера (сфера разума) как экологическая ниша устойчивого существования и развития цивилизованного человека при наличии экономико-технологической деятельности возможна только при сохранении достаточного количества биоты на большой территории планеты.

Таким образом, главное природное противостояние, связанное с существованием и развитием жизни на Земле, осуществляется между геофизическими процессами, возмущающими биосферу, и биотой, компенсирующей эти возмущения. Отсюда ясна роль фундаментальных исследований в области экологической геофизики и физики вообще. Глубокое изучение проблем экологической геофизики расширит возможности поисков выхода из экологического кризиса, обусловленного неконтролируемым антропогенным воздействием на окружающую среду. В связи с исследованием термодинамики открытых систем и изучением процессов самоорганизации в неравновесных системах стали понятными физические причины самоорганизации в живой и неживой природе. Элементы или системы живой и неживой природы являются открытыми термодинамическими системами, далекими от состояния равновесия. Их пронизывают потоки энергии и вещества, и поэтому в них и происходят процессы структуризации, самоорганизации. Таким образом, самоорганизация систем в природе базируется на фундаментальных физических принципах.

И.Р. Пригожин, лауреат Нобелевской премии по химии, назвал упорядоченные образования, которые возникают в ходе неравновесных процессов, диссипативными структурами. Диссипативные структуры возникают в результате развития собственных внутренних процессов системы. При этом происходит обмен системы энергией и веществом с окружающей средой, что обеспечивает состояние динамического равновесия (баланса потоков), несмотря на внутренние потери в системе. В этом их отличие от упорядоченных структур, возникновение которых обусловлено внешними воздействиями. Системы океанических течений, циркуляция в атмосфере являются яркими и хорошо известными примерами диссипативных структур, существующих на планете. Земля является открытой системой. Основной поток энергии поступает от Солнца. В процессе фотосинтеза и последующих преобразований эта энергия трансформируется в другие формы. Приходящее тепло уравновешивается тепловым излучением Земли.

Классическим примером диссипативных структур являются циркуляционные ячейки Бенара. Представьте: жидкость, налитая в широкий плоский сосуд, подогревается снизу; после того как градиент температуры жидкости превысит некоторое критическое значение, вся жидкость в сосуде разбивается на систему сотообразных циркуляционных ячеек; в центральной части ячейки жидкость поднимается, а в пограничных боковых гранях - опускается, в поверхностном слое жидкость растекается от центра к краям, а в придонном - наоборот. В зависимости от знака температурной зависимости коэффициента молекулярной вязкости от температуры направление движения в ячейках изменяется на обратное. Возникновение циркуляционных ячеек обеспечивает передачу большего теплового потока в жидкости по сравнению с тепловым потоком, который передавался только за счет молекулярной теплопроводности.

Гигантская структура таких ячеек наблюдается на Солнце.

Вернемся к упомянутому выше определению экологии, которое является , с одной стороны, наиболее общим, а с другой - наиболее "физическим". Определим экологию как науку об организации и эволюции биосферных систем разных уровней сложности (в том числе всей биосферы), изучающую связи и превращения в таких системах. Задача экологии заключается в установлении причин и условий возникновения и развития биосферных систем различного уровня сложности, изучение устойчивости этих систем. Экология в этом случае понимается как наука, изучающая процессы самоорганизации и эволюции систем в живой и неживой природе, а особая роль физики в изучении важнейших проблем экологии - хорошо видна.

Экология на современной стадии своего развития является наукой, призванной объединить, синтезировать совокупность научных знаний о биосфере. Этот процесс интеграции может быть решен только на основе какого-либо общего начала. Полагаем, что именно физика в силу сказанного выше должна выступить в качестве такого объединяющего начала. Прогнозная функция экологии может быть выполнена только в том случае, если она будет базироваться на фундаментальных принципах природы, законах организации природы. Часть экологических проблем, изучаемых физикой, может быть выделена в особую отрасль экологии - экологическую физику. Геофизика (физика Земли), изучающая, в частности, физические процессы в литосфере, гидросфере, атмосфере, по сути исследует физические процессы в биосфере или ее частях. Необходимо указать, что большинство экологических факторов имеет геофизическую природу. Геофизика, накопившая богатейший опыт исследования закономерностей физических процессов, протекающих в оболочках Земли, на стыке которых и формируются жизненно важные экосистемы, подверженные влиянию геоэволюционного и катастрофически возрастающего антропогенного факторов, может взять на себя решение ряда экологических проблем.

Широкий спектр физических методов изучения вещества должен найти применение в создании эффективных средств мониторинга экосистем различного уровня. Очевидно, что глобальные методы мониторинга могут быть созданы только на основе физических принципов.

Опыт разработки физико-математических моделей природных процессов также может быть полезным в исследовании влияния антропогенных воздействий на функционирование экосистем. Все перечисленные направления могут быть отнесены к сфере интересов новой науки, развивающейся на стыке физики и экологии - экологической физики. Содержание этого нового направления еще четко не определено и находится в стадии становления, о чем свидетельствуют материалы двух Всероссийских конференций "Физические проблемы экологии", проведенные в 1997 и 1999 годах на физическом факультете МГУ.