

РОССИИ НУЖНА ЭКОЛОГИЗАЦИЯ, А НЕ ПРОСТО МОДЕРНИЗАЦИЯ

Кандидат технических наук Ю.Л. ТКАЧЕНКО (МГТУ им. Н.Э. Баумана),
доктор биологических наук А.С. КЕРЖЕНЦЕВ (ИФПБ РАН)

В настоящее время одним из главных стимулов развития человечества является глобальный экологический кризис. Жизненная необходимость искать выход из создавшегося тупика заставляет ведущие страны мира совершенствовать технику и технологии, переводить экономику на “зелёные” рельсы, внедрять экологические понятия в политику, разрабатывать новые научные концепции и заключать международные договоры по защите окружающей среды. Однако общепринятого плана действий пока не существует. Для экономически развитых государств мира неприемлемо “организованное отступление человечества”¹. Для развивающихся – концепция римского клуба о пределах экономического роста².

Какое же место в этой масштабной концептуальной работе занимает Россия? К сожалению, наша страна не является лидером мирового экологического движения. Впрочем, как показал летом 2012 г. саммит “Рио +20”, это место сейчас вакантно. На встречу не прибыли представители США – крупнейшей экономики мира, Великобритании – страны, создавшей первую государственную экологическую службу и Германии – родины “зелёного” политического движения. Промышленная база России деградирует, а не становится экологически более чистой: износ ос-

новных фондов составляет 60% в электроэнергетике и газовой промышленности, 80% в нефтепереработке, 75–90% в горной и угледобывающей промышленности³. К этому процессу сейчас добавился полномасштабный социально-экономический кризис. Также, существует угроза втягивания России в конфликт на Юго-Востоке Украины.

В качестве решения текущих проблем многими учёными и специалистами предлагается проведение модернизации технической базы страны и создание новой, высокотехнологичной промышленности. Эта концепция получила название “Индустриализация-2” или “Неоиндустриализация”⁴ по аналогии со сталинской индустриализацией СССР в 30-х гг. Однако на пути реализации такой идеи имеется ряд принципиальных трудностей:

- отсутствие государственной стратегии модернизации и индустриализации;
- отсутствие внутри страны долгосрочных кредитных ресурсов с низкой процентной ставкой;
- снижение образовательного и культурного уровня населения, недостаток квалифицированных кадров;
- санкции и ограничения, запрещающие передачу России многих образцов новой техники и технологий;
- усиление экологических проблем в случае индустриализации России на базе традиционных технологий.

¹ Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Рейф И.Е. *Перед главным вызовом цивилизации. Взгляд из России.* М., 2005.

² Гвишиани Д.М. *Пределы роста – первый доклад римскому клубу // Электронный научный журнал “Биосфера”. 2002. № 2.*

³ Гражданкин А.И., Кара-Мурза С.Г. *Белая книга России. Строительство, перестройка и реформы: 1950–2012 гг.* М., 2013.

⁴ Губанов С.С. *Неоиндустриализация России и вертикальная интеграция.* М., 2012.

Таким образом, при решении проблемы развития России придётся опираться исключительно на собственные силы, потенциальные ресурсы и внутренние резервы.

Предлагаемое решение

На основе уже имеющихся научно-технических разработок можно сформулировать концепцию, позволяющую не только возродить угасающую социально-экономическую сферу России, но и предложить мировому сообществу способ решения глобальных экологических проблем. Суть предложения заключается в том, чтобы провести не просто модернизацию, а экологизацию – коренное преобразование всей техносферы России, включающей в себя созданную руками человека производственную, городскую и жилую среду.

Главная проблема техносферы как в России, так и во всём мире заключается в её экологической безграмотности. Искусственная среда обитания формировалась человеком с древнейших времён и до наших дней стихийно – при отсутствии знаний об устройстве и принципах работы естественной среды – биосферы. В результате, техносфера не соответствует экологическим правилам и вместо гармоничного взаимодействия с природными экосистемами вызывает дестабилизацию биосферы, что приводит к изменению глобальных климатических и химических параметров Земли.

Для предотвращения ухудшения условий жизни на планете, техносфера должна стать экотехносферой – искусственной средой, работающей по тем же правилам, что и природная среда. В первую очередь, экотехносфера должна соответствовать принципу замкнутости потоков вещества. Создание круговоротов вещества в искусственной среде позволит минимизировать эмиссию загрязнителей в биосферу. Степень замкнутости материальных потоков (в первую очередь – углеродного цикла) можно считать показателем (индексом) экологического совершенства техносферы. Чем ближе величина индекса к единице, тем

экологически более грамотно построена среда обитания. В настоящее время значения этого показателя составляют от 0 в городской застройке до 0.8 на сельскохозяйственных территориях⁵. Замкнутость потоков вещества можно обеспечить за счёт искусственного воспроизведения функций продуцентов, консументов и редуцентов, как это происходит в экосистемах. Человек в такой среде обитания будет замыкающим звеном всех биохимических процессов. В настоящее время уже разработаны искусственные экосистемы, замкнутые по дыханию, водообороту и питанию. Такие техноэкосистемы требуют извне только поступления энергии.

Учёные Института биофизики СО РАН в Красноярске доказали возможность получения от растений необходимого человеку питания, кислорода и чистой воды (экспериментальная установка «Биос-3»)⁶. В Институте фундаментальных проблем биологии РАН Пуцинского научного центра разработана концепция экосистемы как информационно-управляющей системы, выполняющей функцию метаболизма в регулярно меняющихся условиях внешней среды. Описан механизм функционирования экосистемы в форме математической модели метаболизма⁷, включающей в себя процессы анаболизма⁸, некроболизма⁹ и катоболиз-

⁵ Данилов-Данильян В.И. и др. Экологические проблемы: Что происходит, кто виноват и что делать? М., 1997.

⁶ Хлебопрос Р.Г., Фет А.И. Замкнутые экологические системы и земная биосфера / Сборник: Природа и общество: Модели катастроф. Новосибирск, 1999; Дегерменджи А.Г., Тихомиров А.А. Создание искусственных замкнутых экосистем земного и космического назначения // Вестник РАН. 2014. Т. 84. № 3.

⁷ Метаболизм экосистемы – циклический процесс (круговорот) фазовых превращений вещества внутри экосистемы.

⁸ Анаболизм – часть метаболизма экосистемы, обеспечивающая превращение минеральных веществ в живое вещество растений (фитомассу).

⁹ Некроболизм – часть метаболизма экосистемы, заключающаяся в превращении живого вещества (биомассы) в отработавшее свой ресурс, отмершее вещество.

ма¹⁰. Создана экспериментальная установка “ЭКОТРОН”, имитирующая механизм функционирования экосистемы в задаваемых условиях внешней среды¹¹. Опыт создания техноэкосистем, заранее рассчитанных на поддержание заданных объёмов биосинтеза питания и параметров воздушной и водной среды, может использоваться для создания благоприятных условий обитания человека в экотехносфере, независимо от внешних условий.

Программа экологизации техносферы России

Инициаторами и главной движущей силой процесса экологизации должны выступить учёные России. Научное сообщество могло бы предпринять следующие шаги.

1. Проведение Конференции по перспективам экологического развития России. Организовать Конференцию могут РАН, Институт фундаментальных проблем биологии РАН (Лаборатория функциональной экологии), Институт Биофизики СО РАН (Международный центр замкнутых экосистем), МГУ им. М.В. Ломоносова (Лаборатория управленческого моделирования) и другие учреждения.

2. Изучение и моделирование экосистем, строительство техноэкосистем. На это научным учреждениям должны быть выделены соответствующие гранты.

3. Проектирование новых типов производственной, городской и жилой среды. Данная работа может проводиться за счёт государственного заказа и заказов частных компаний.

4. Участие в разработке и реализации государственной программы экологизации техносферы России. Предложения по содержанию программы изложены в статье¹².

5. Международное сотрудничество в области экотехносферного строительства. Необходимо собрать на одной площадке общения все мировые научные силы, работающие в данном направлении, чтобы учесть достижения и недостатки экспериментов “Биосфера-2” (США), MELISSA (Евросоюз) и др.

Ожидаемые результаты

Непрерывное повышение индекса экологического совершенства техносферы, отражающее достижение более высокой замкнутости круговоротов вещества, обеспечит России поступательный научно-технический прогресс и развитие технологий экологически грамотного техносферного строительства. Экотехносфера станет принципиально новым технологическим укладом и универсальным способом материального производства, не зависящим от региональной специфики и географических условий. Производство в экотехносфере будет опираться на интеллектуальные и творческие усилия каждого гражданина, направленные на то, чтобы не наносить своей деятельностью недопустимого ущерба природной среде.

Соответственно, формирование экотехносферы вызовет ряд изменений в стране. Преобразование сложившихся техносферных регионов России позволит решить экономические и социальные проблемы за счёт создания экотехносферной жилой среды, загрузить заказами существующие промышленные предприятия и создать новые, приведёт к качественному улучшению структуры занятости населения в высокооплачиваемых экотехносферных секторах производства, развивать и совершенствовать систему образования и профессиональной подготовки кадров для новых, наукоёмких, рабочих мест.

В целом, экологизация техносферы позволит улучшить всю социально-экономическую систему России и делает страну передовой экологической

¹⁰ Катаболизм – часть метаболизма экосистемы, обеспечивающая превращение отмершей биомассы в минеральные вещества.

¹¹ Керженцев А.С. и др. Экотрон – физическая модель функционирующей экосистемы // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2003. Т. 19.

¹² Ткаченко Ю.Л. Перспективы экологического развития России // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 2.

державой. В результате построения экотехносферы, в обществе установится новый социально-экономический строй – “технологический коммунизм”. В такой формации каждому члену общества будет обеспечена возможность удовлетворения базовых потребностей в пище, одежде и жилье за счёт функционирования самой среды его обитания. В свою очередь, каждому необходимо будет строго соблюдать разумные правила нравственного отношения к живой природе и этические нормы человеческого общежития. Экотехносфера даст надёжную основу для раскрытия творческого потенциала и гармоничного развития личности.

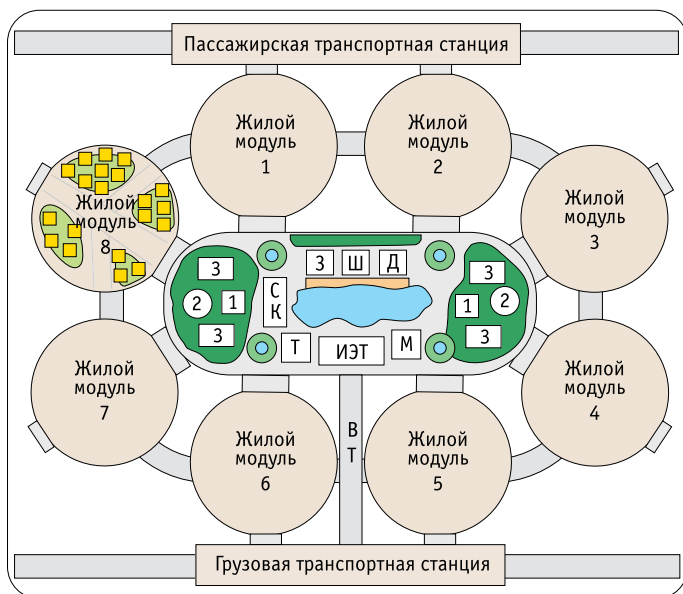
С мировоззренческих позиций, в сознании членов нового общества будет преобладать эгоцентризм, подразумевающий справедливое и этическое отношение человека к биосфере Земли. С политической точки зрения новый строй можно будет назвать ноократией, так как главные функции принятия решений при управлении обществом и государством будут осуществляться институтами науки.

Для народа России, экологизация может стать не только вкладом в мировую историю, но и национальной идеей, формой социокультурной идентичности и основой духовно-нравственного возрождения. При успешности экологизации в России, модель общественных и социальных отношений и технологический уклад могут быть восприняты другими странами в ходе мирного цивилизационного соревнования. Россия должна методами демонстрации достижений и пропаганды нового образа жизни предложить остальным народам планеты свой образец политического и социально-экономического устройства. Это необходимо для формирования целостного человечества, которое сможет не только решить проблему мирового экологического кризиса, но и полностью отказаться от милитаризации, пожирающей интеллектуальные и материальные ресурсы в ущерб человеку.

Экологизация человечества приведёт к изменению вектора глобального развития и перестройке системы международных отношений, коренному изменению мировой экономики и образа жизни людей. Эти колоссальные подвижки, в отличие от быстрых и кровавых социальных революций, произойдут в течение достаточно длительного периода времени и преимущественно мирным путём. Комплекс таких изменений можно назвать цивилизационной “экологической революцией”, аналогично имевшим место в истории человечества неолитической (сельскохозяйственной), промышленной и научно-технической революциям. Мировая экологическая революция позволит преодолеть современный глобальный кризис и обеспечит устойчивость биосферы Земли – то есть выведет человечество из сложившегося тупика.

Человек разумный уже совершил ряд экологических революций, преодолевая локальные и региональные экологические кризисы. Он осознал опасность глобального экологического кризиса. Остановить или задержать его приближение он уже не может, для этого нужен Человек просвещённый, овладевший глубокими знаниями законов природы и способный создать технологии рационального природопользования, невзирая на их высокую стоимость, ради сохранения жизни своей популяции. Он может разработать концепцию бесконфликтного перехода биосферы в ноосферу, как достойный выход из глобального экологического кризиса. Природа имеет опыт 4 млрд лет эволюции, преодолев самые разные катаклизмы, а человек сумел за два тысячелетия нарушить отработанное природой равновесие и гармонию.

Для того, чтобы осуществить гармоническое развитие ноосферы – социально-природной системы, функционирующей в соответствии с законами природы, нужен Человек благородный (Homo Nobilis), освободивший себя от животных инстинктов (алчности, агрессии, милитаризма и других пороков), осознавший приоритет духовного раз-



Компоновка экотехносферного демонстратора

1 – мини ТЭЦ, работающая на биогазе; 2 – хранилище биогаза (газгольдер); 3 – установка для гидросепарации бытовых и растительных отходов, получения и очистки биогаза; ИЭТ – институт “Экологии Техносферы”. Производственно-лабораторный корпус высотой 12 м (4 этажа). На верхнем этаже, имеющем сплошное остекление, располагается ситуационный центр мониторинга и управления городом. Д – детское учреждение; Ш – школа; СК – спортивный комплекс; К – киноконцертные и театральные залы; М – медицинский центр; Т – творческо-досуговый центр для общения, игр, проведения выставок, обмена продуктами творчества и т.д.; ВТ – магистраль внутреннего грузового транспорта.

вития над материальным благополучием. Поэтому главная надежда человечества заключается не в управлении природными процессами, а в управлении деятельностью человеческого общества.

Экотехносферный демонстратор

Первым этапом экологизации могло бы стать проектирование и строитель-

ство экотехносферного демонстратора – образцового самоподдерживающегося купольного поселения, в котором будет производиться практическая отработка новых технологий. Общая численность населения города составит до 800 чел. Компоновка демонстратора приведена на рисунке.

Площадкой для его размещения может стать территория радиационного загрязнения в Тульской области. Поселение, работающее по принципу замкнутости потоков веществ, сможет предотвратить хроническое внутреннее облучение жителей таких территорий.

Жилая зона поселения состоит из 8 жилых модулей на 100 чел. каждый, площадь одного модуля – 1 га. На одного человека в жилом модуле поселения должно приходиться 3 кВт установочной мощности для электроснабжения инфраструктуры жизнеобеспечения и 25 м² площади растительных посадок в синтетотрофной зоне¹³ для обеспечения питанием. Для создания комфортных условий проживания жилые модули покрываются лёгкими купольными сооружениями. Купол, как показано в работе¹⁴, может представлять собой надуваемую конструкцию, выполненную из воздухо непроницаемой прозрачной плёнки толщиной до 5 мм, укрепленную внутри проволочной сеткой. Каждый жилой модуль имеет купол диаметром

¹³ Синтетотрофная зона – часть территории техно-экосистемы жилого модуля, предназначенная для производства (биосинтеза) питания для человека.

¹⁴ Bolonkin A.A. Cheap Artificial AB-Mountains, Extraction of Water and Energy from Atmosphere and Change of Regional Climate /Cornell University Library: Paper by General Physics, Submitted 03 Feb 2008. URL: arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0802/0802.1871.pdf

115 м и высотой 15 м. При строительстве сооружений демонстратора можно использовать опыт эксперимента “Биосфера-2”, в котором также использовались купольные сооружения.

Для строительства жилых помещений и инфраструктуры модулей должны использоваться новые технологии и материалы. Возможно использование технологий “песок и камень”, позволяющих возводить долговечные сооружения. С помощью новых технологий можно создать керамические подземные акведуки путём спрессовывания и спекания глины в виде внутренних стенок с образованием подземных прямоугольных или цилиндрических полостей большой протяжённости. По ним будет осуществляться холодное и горячее водоснабжение жилых помещений, а также канализация стоков и гидротранспорт несъедобных частей растений и прочих бытовых отходов в централизованные системы биологической очистки и утилизации.

Жилые модули соединяются транспортными галереями с Центральным модулем, который имеет две полусферические части диаметром 115 м, связанные стенами длиной 315 м. Высота полусферических частей модуля – 15 м, средняя часть модуля будет выше за счёт конструкций раздвижной крыши. Площадь Центрального модуля – 4,7 га. Стены и крыша модуля выполняются прозрачными для освещения растений лесной, озёрной зоны и водно-ландшафтных парковых комплексов. Прототипом Центрального модуля может служить Океанский купол, построенный на южном японском острове Кюсю. Это сооружение размером 300 на 100 м имеет самую большую в мире раздвижную крышу. Океанский Купол Японии вмещает в себя искусственный пресный водоём и пляж, такие же объекты можно создать и в экотехносферном демонстраторе.

Главной проблемой техносистемы демонстратора является обеспечение энергией. Для функционирования синтетической зоны возможно использование электричества, получае-

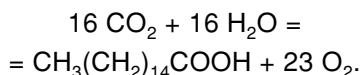
мого путём преобразования солнечной энергии с помощью фотоэлементов. Уже разработаны гибкие и прозрачные солнечные батареи. Для организации бесперебойного электроснабжения необходимо разместить в жилых модулях аккумуляторы большой ёмкости. Для обеспечения электроэнергией общегородских нужд и работы систем горячего водоснабжения и отопления возможно использование мини-ТЭЦ, работающих на биогазе по органическому циклу Ренкина.

Получение биогаза производится путём сбора и гидросепарации органических отходов с последующим сбраживанием стоков в метантенках, сопровождающимся выделением метана и других горючих газов. Одновременно решается проблема утилизации коммунальных стоков, несъедобных частей растений и прочих отходов. Для бесперебойной работы мини-ТЭЦ необходимо предусмотреть газгольдерные хранилища биогаза. Наличие систем биологической очистки стоков позволяет создать внутри города замкнутую систему водооборота. Подпитка системы осуществляется за счёт использования талой воды и осадков, падающих на наружную поверхность купольных сооружений. Таяние снега осуществляется за счёт обдува наружной поверхности куполов тёплым воздухом или электроподогревом, при наличии достаточной электрической мощности.

Замкнутость среды поселения по дыханию обеспечивается, если растения синтетической зоны обладают ассимиляционным коэффициентом, равным дыхательному коэффициенту человека. Ассимиляционный коэффициент – это отношение числа потреблённых растением молекул углекислого газа к числу молекул кислорода, произведённого в процессе фотосинтеза. Дыхательный коэффициент человека показывает отношение выделяемых молекул углекислого газа к числу потреблённых молекул кислорода.

Человек и большинство растений не могут изолированно находиться в равновесном газообмене, так как человек

потребляет больше кислорода, чем его производят эти растения, в результате чего концентрация кислорода начинает снижаться, что и наблюдалось в ходе американского эксперимента “Биосфера-2”. При работе над установкой “Биос” в Красноярске было сделано открытие, заключающееся в том, что у масличных растений при фотосинтезе жиров выделяется больше молекул O_2 , чем при фотосинтезе белков и углеводов у других растений¹⁵. На примере биосинтеза пальмитиновой (жирной) кислоты:



Из этой реакции видно, что молекул кислорода образуется намного больше, чем потребляется молекул углекислого газа. Избыточные атомы кислорода берутся для этого из молекул воды. Таким образом, у растений, производящих фотосинтез жирных кислот, ассимиляционный коэффициент существенно меньше дыхательного коэффициента человека. Присоединив в надлежащей пропорции к посадкам пшеницы и овощей масличную культуру, можно сделать ассимиляционный коэффициент синтетической зоны равный дыхательному коэффициенту человека. В установке “Биос-3” для этой цели использовалось среднеазиатское масличное растение “чужа”, из которого можно получать растительное масло, содержащее жиры, незаменимые для питания человека. Устойчивость функционирования всей системы нормализации газового состава воздушной среды должна поддерживаться не только анаболизмом сообщества растительных видов, но также и некоролизмом сообщества животных и катаболизмом сообщества почвенных бактерий, которые необходимо воспроизвести в техноэкосистеме демонстратора.

В качестве растений синтетической зоны можно использовать виды, не требующие “ночного отдыха”, то есть непрерывно растущие при круглосуточном освещении. Это – пшеница, овощи и упоминавшаяся масличная культура чужа. Для выращивания растений применяются специальные фитотронные установки¹⁶, прототипы которых созданы в Международном центре замкнутых экосистем ИБФ СО РАН, в Лаборатории функциональной экологии ИФПБ РАН и в Институте физиологии растений РАН. Разнообразить рацион питания жителей города возможно путём разведения фруктовых деревьев, ягодных и ореховых кустарников, а также за счёт выращивания грибов и трепангов.

В Центральном модуле должна быть создана лесная зона для утилизации избытков CO_2 в атмосфере. В древесине целлюлоза и лигнин долгое время остаются в неразложившемся состоянии, что позволяет поддерживать минимальную концентрацию углеродных соединений в подпочвенной атмосфере. Можно также снизить концентрацию CO_2 путём искусственного усиления режима гумификации в почве. Ещё необходим непрерывный инструментальный мониторинг состава подпочвенной атмосферы с возможностью автоматического включения системы выравнивания химического состава воздуха за счёт обмена с внешней атмосферой, для чего в Центральном модуле предусматривается раздвижная крыша.

Замкнутость жилой среды по питанию обеспечивается биосинтезом вегетарианского рациона и поставками мяса, молока и молочных продуктов. Производство животной пищи можно реализовать за счёт бесстойлового содержания стад крупного рогатого скота вне экотехносферного поселения на незагрязнённых природных территориях.

¹⁵ Хлебопрос Р.Г., Фет А.И. Замкнутые экологические системы и земная биосфера / Сборник: Природа и общество: Модели катастроф. Новосибирск, 1999.

¹⁶ Фитотронные установки (фитотроны) – технические устройства, предназначенные для выращивания растений в условиях регулируемого питания и искусственного освещения.

ях. Такой метод, в отличие от создания фермерских хозяйств, способствует сохранению естественных экосистем, так как не требует изъятия больших территорий под возведение капитальных сооружений и проведение сенокосов, не предусматривает использования большого количества машин, механизмов и горюче-смазочных материалов. Также отсутствует необходимость сжигания углеводородного топлива при обогреве животных – известны породы, которые в зимних условиях отрачивают шерсть. Для налаживания поставок требуется только создание работающих вахтовым методом охотничьих хозяйств и молочно-заготовительных пунктов.

Большая часть населения города, не занятая работой по жизнеобеспечению, обслуживанию инфраструктуры и поддержанию социальной сферы, будет осуществлять научное и инженерное творчество в специально созданном Институте “Экологии Техносферы”. Производственно-лабораторный комплекс Института является центральной частью города – управление жизнедеятельностью и инфраструктурой демонстратора осуществляется из его здания. Главная задача Института – разработка научных основ для создания опытных образцов техники и технологий экотехносферного строительства, моделирование и исследование искусственных экосистем, производство природовосстанавливающего, природосберегающего и природоохранного оборудования.

Формирование социальной среды осуществляется размещением в городе медицинского центра, киноконцертного и выставочного залов, универсального спортивного комплекса. Общее образование детей младшего и среднего возраста происходит в детском саду и в школе. Досуг жителей может обеспечиваться в отдельном центре, предназначенном для занятий творчеством и интеллектуальными играми, проведения научных семинаров и конференций, художественных выставок, создания и обмена авторскими произведениями.

Для обеспечения отдыха жителей предусматривается внутреннее искусственное озеро с песчаным пляжем. Озеро должно содержать культиваторы микроводорослей, использующих в качестве источника азота и фосфора, необходимых им для питания, выделения человека и других организмов, что обеспечит самоочищение водной среды.

Для связи с внешним миром используется любой региональный транспорт, станции которого находятся вблизи жилой зоны поселения. Работу городских служб обеспечивает внутренний грузовой и пассажирский электротранспорт. Подзарядка аккумуляторов электротранспорта входит в общегородские нужды электроснабжения. Передвижение людей в городе должно осуществляться в основном пешком, что обеспечивается доступностью всех его зон.

Заключение

Может возникнуть вопрос: “зачем такие космические сложности?”. Ведь экологический кризис, по мнению обывателей, и так будет сам собой успешно преодолён – природе придётся перестроиться для удовлетворения растущих нужд и потребностей человечества. Но имеющийся опыт, в том числе и экспериментальный, показывает, что подобные надежды несостоятельны. Упования на то, что биосфера будет подстраиваться под человека, что бы он ни вытворял на Земле, были полностью развеяны в ходе американского эксперимента “Биосфера-2”. В то же время, подход отечественной науки, рассматривающей систему жизнеобеспечения нашего космического корабля под названием Земля как “машину” с биологическими блоками, о правильной работе которых должен заботиться человек – оказался весьма успешным. Будущее человечества напрямую зависит от того, насколько тщательно люди будут планировать каждый свой последующий шаг, обеспечивая устойчивость биосферы.