

# НОВЫЕ ЗАДАЧИ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД НАУКОЙ

Кандидат физико-математических наук А.М. МАКАРЬЕВА,  
доктор физико-математических наук В.Г. ГОРШКОВ,  
(Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова),  
А.А. СТАРЦЕВ (Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого)

*С утра садимся мы в телегу;  
Мы рады голову сломать  
И, презирая лень и негу,  
Кричим: “пошёл, ...!”*

А.С. Пушкин, “Телега жизни”

**В**сё время своего существования наука боролась с враждебной человеку окружающей средой. Благодаря открытию электричества, двигателя внутреннего сгорания и химических удобрений за последние два столетия уровень жизни людей вырос скачкообразно. Большинство современных людей в развитых странах никогда не испытывали физических перегрузок и голода. В этом они впервые в истории сравнялись с жителями оптимальной для человека естественной климатической зоны. Последние, живя в высокопродуктивной экосистеме при оптимальном климате, тратили на добывание пропитания лишь небольшую часть своего времени (и потому никогда не имели стимула для развития науки и техники).

Там, где эта задача – обеспечение едой, одеждой и жилищем без физических перегрузок вне естественного ареала *Homo sapiens* – была решена, научно-технический прогресс ожидаемо перестал приводить к улучшению жизни людей. Фундаментальная наука проскочила область размеров и энергий, соизмеримых с по-

требностями людей. Интенсивные исследования продолжают на масштабах, не затрагивающих жизнь человека: в физике высоких энергий, намного превосходящих энергии ядерной физики, и в астрофизике, перешедшей к исследованию космоса, удалённого от нас на миллионы световых лет. Общество ощущает уменьшившуюся отдачу от инвестиций в научно-технический прогресс<sup>1</sup>. Авторитет науки вообще и занятой научной деятельностью части общества падает.

Эта ситуация опасна, так как никогда прежде человечество столь сильно не зависело от науки. Наша экспоненциально растущая цивилизация неустойчива, а незыблемость современного уклада жизни – иллюзорна. Популяция человека выросла почти до десяти миллиардов, на несколько порядков превысив естественную численность видов животных размера человека. Помимо этого каждый современный человек потребляет в единицу времени в пятьдесят раз

<sup>1</sup> Mokyr J. (2013) Is technological progress a thing of the past? VOX (CEPR's policy portal). URL: [www.voxeu.org/print/9700](http://www.voxeu.org/print/9700)

больше энергии, чем он потреблял бы в естественной окружающей среде. Из-за запредельного воздействия человека на биосферу повсеместно деградируют почвы и растительный покров, разрушаются круговорот воды и температурный режим.

Перед наукой встала новая задача – сохранить достигнутый уровень прогресса. Как не допустить экологического коллапса и следующего за ним глобального падения уровня жизни и социального хаоса?

Чтобы решить эту задачу, необходимо заменить историческое противостояние науки и окружающей среды принципиально иными подходами к изучению биосферы. Но новые подходы развиваются медленно. Проблемы окружающей среды по-прежнему рассматриваются по примитивной схеме ассенизации (борьбы с загрязнениями).

Главным белым пятном в современной науке является вопрос о том, как устроены ненарушенные человеком экосистемы – леса, болота, океаны. Каким образом жизнь в этих экосистемах не прерывалась, а окружающая среда оставалась пригодной для жизни в течение сотен миллионов лет? Именно устойчивость отличает первозданную природу от всех без исключения антропогенных биосистем, включая и саму современную глобальную цивилизацию.

В странах-чемпионах технологического прогресса, которые сегодня определяют мировую научную повестку, идеи антропогенного преобразования природы исторически наиболее влиятельны, а дикая природа, как следствие, утрачена. В некоторых других странах, где ненарушенные леса ещё есть, нет научной базы и стимула для их изучения, так как высокая численность и, следовательно, низкий уровень жизни населения обуславливают быструю распродажу и уничтожение остатков естественной природы. В России и Бразилии сложилась более благоприятная ситуация: помимо самостоятельной

научной базы на значительной части территории этих стран сохранились малонарушенные экосистемы<sup>2</sup>.

Междисциплинарная концепция биотической регуляции, сформулированная в России и разрабатываемая международной группой учёных, количественно доказывает, что окружающая среда остаётся пригодной для жизни в результате воздействия на неё естественных экосистем, то есть самой жизни. Мощность стабилизирующего воздействия естественных экосистем пропорциональна их площади. Поэтому не эксплуатируемые человеком экосистемы суши и океана должны занимать достаточно большие площади так, чтобы их суммарное воздействие было достаточным для поддержания глобальной окружающей среды в устойчивом состоянии. Если порог разрушения естественных экосистем превышен, окружающая среда деградирует до непригодного для жизни человека состояния независимо от наличия или отсутствия прямых антропогенных загрязнений типа выбросов углерода.

Современное человечество обязано науке не только своими достижениями, но и своей постоянно возрастающей уязвимостью. Избежать коллапса наша цивилизация сможет только в том случае, если фундаментальная наука изыщет внутренние резервы и мобилизуется для решения проблем устойчивости биосферы, окружающей среды и человеческого общества. Для этого, в частности, необходимо изучать экологические особенности человека как одного из видов биосферы. В этой статье мы кратко обсудим две из важнейших проблем устойчивости: круговорота воды и психического здоровья людей при

<sup>2</sup>Kobyakov K.N., Shmatkov N.M., Shvarts E.A., Karpachevsky M.L. (2015) Loss of Intact Forest Landscapes in Russia and Effective Forest Management in Secondary Forests as Its Alternative for Biodiversity Conservation and Sustainable Rural Development. XIV World Forestry Congress, Durban, South Africa, 7–11 September 2015.

перенаселённости. В заключительном разделе мы рассмотрим фундаментальную экологическую проблему крупных животных (включая человека) как фактора дестабилизации экосистем суши.

### Откуда берётся вода?

В 2015 г. руководство Саудовской Аравии объявило, что следующий год станет *последним годом урожая пшеницы*<sup>3</sup>. Такое апокалиптическое заявление связано с исчерпанием подземных вод в этой пустынной стране с утроившимся за последние сорок лет населением. Страна, недавно ещё экспортировавшая зерно, осталась без воды. Согласно имеющимся оценкам<sup>4</sup>, скорое исчерпание подземных вод угрожает многим крупным сельскохозяйственным регионам, включая Калифорнию, Индию и Китай.

Пока численность населения была малой, воды было достаточно, и изучать, откуда она берётся, было незачем. Поэтому значимых успехов в понимании устойчивости круговорота воды современная наука не достигла. Проблема вот в чём.

Суша возвышается над океаном, поэтому вода на ней долго не задерживается и под действием силы тяжести стекает в океан (рис. 1). Пресной воды в почве, озёрах, реках и горных ледниках мало: вся она может стечь в океан всего за несколько лет. Обратный приток воды из океана происходит по воздуху. Вода испаряется с поверхности океана и переносится ветром на сушу в виде водяного пара. Здесь влажный воздух обязательно должен подняться, так как именно при подъёме он охлаждается, водяной пар превращается в воду или лёд и выпадает осадками на земную поверхность. Осадки, таким образом, зависят от того,

во-первых, будет ли дуть ветер с океана на сушу, и, во-вторых, будет ли приносимый с океана воздух подниматься.

Как раз эти вопросы метеорология до сих пор оставляет без количественного ответа. Современные численные модели ветровой циркуляции построены путём подгонки ключевых параметров (главным образом, турбулентности) к наблюдениям<sup>5, 6</sup> и потому лишены предсказательной силы на временных масштабах, превышающих несколько дней (время оборота атмосферной влаги). Независимые измерения речного стока дают возможность проверить, верно ли модели описывают, сколько водяного пара поступает на сушу с ветром. Согласно закону сохранения вещества, воздушный приток влаги с океана должен быть равен речному стоку обратно в океан. Модели не проходят этот тест. Например, для бассейна Амазонки модельный поток влаги с океана через атмосферу не равен речному стоку, а в два раза меньше. Расхождения имеют место для всех регионов, и никакими подгонками исправить их не удаётся<sup>7</sup>. Подобные несостоятельности затрагивают все без исключения явления атмосферной циркуляции, связанные с осадками: тропические циклоны, муссоны, глобальную ветровую циркуляцию.

Метеорологическое сообщество признаёт наличие проблем, однако их решение ищут по принципу *ещё больше того же самого* (more of the same). Считается, что увеличение вычислительной мощности компьютерных расчётов и количества метеорологических наблюдений,

<sup>5</sup> Voudouri A. et al. (2017) Objective calibration of numerical weather prediction models. *Atmospheric Research* 190, 128–140.

<sup>6</sup> Makarieva A.M. et al. (2017) Kinetic energy generation in heat engines and heat pumps: the relationship between surface pressure, temperature and circulation cell size. *Tellus A*, 69, 1272752, doi: 10.1080/16000870.2016.1272752.

<sup>7</sup> Hagemann S. et al. (2011) Impact of a statistical bias correction on the projected hydrological changes obtained from three GCMs and two hydrology models. *J. Hydrometeorol.* 12, 556–578.

<sup>3</sup> Halverson N. (2015) What California can learn from Saudi Arabia's water mystery. URL: [www.revealnews.org/article/what-california-can-learn-from-saudi-arabia-bias-water-mystery/](http://www.revealnews.org/article/what-california-can-learn-from-saudi-arabia-bias-water-mystery/)

<sup>4</sup> Famiglietti J.S. (2014) The global groundwater crisis. *Nature Climate Change* 4: 945–948.

включая спутниковые, приведёт к существенным улучшениям в прогнозировании изменений климата. Однако, несмотря на постоянный рост как компьютерных мощностей, так и количества и качества наблюдений, значимого прогресса не происходит.

Например, ураганы. Современные модели ураганов строятся на представлении о том, что ураган возникает за счёт экстракции тепла из океана; по этой логике, чем теплее океан, тем больше должно быть ураганов. В 2013 г., основываясь на наблюдениях аномально тёплой поверхности Атлантического океана, все крупнейшие мировые метеоцентры предсказали сверхактивный сезон ураганов. На самом деле ураганов в 2013 г. практически не было вовсе. Этот “прокол” широко обсуждался в американском обществе.

Другой пример: несмотря на предсказание всех без исключения компьютерных моделей о том, что при глобальном потеплении глобальная ветровая циркуляция должна замедляться, она, напротив, ускоряется<sup>8</sup>.

Недавно была высказана мысль о том, что необходимо не только больше компьютерных мощностей и наблюдений, но и больше научных работников. Журнал *Nature Geoscience* призвал молодых математиков и физиков заняться не астрономией или космологией, а построением более продвинутых численных моделей влажной атмосферы<sup>9</sup>.

Между тем сравнение с физикой позволяет предположить, что проблема не только в недостаточной увлечённости молодёжи атмосферной наукой. Поразительные успехи физики отражают уникальное взаимодействие экспери-

ментаторов и теоретиков, осмысляющих результаты экспериментов. Работа теоретика состоит в построении количественной картины изучаемого явления так, чтобы она не противоречила ни фундаментальным законам природы, ни всей совокупности накопленных эмпирических данных, включая данные из смежных дисциплин. Эта задача – построение непротиворечивой картины мира – требует особых навыков мышления и особых критериев успеха. Наивысшего расцвета эта научная культура достигла в современной физике, включая физику высоких энергий и астрофизику. Для решения междисциплинарной задачи сохранения устойчивости цивилизации необходимо распространение этой культуры на все остальные области науки.

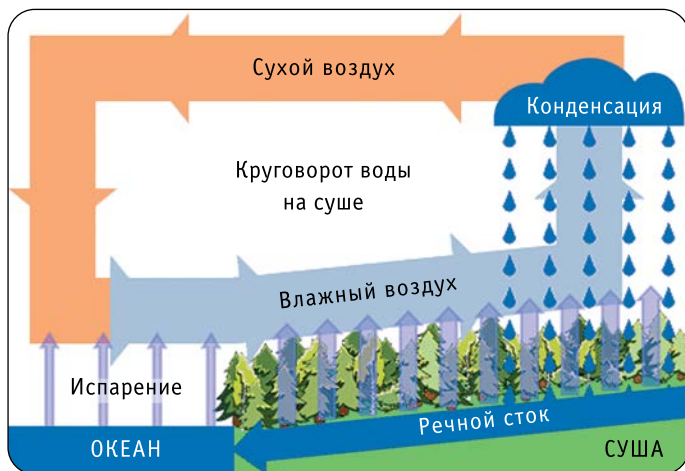
В мировом сообществе исследователей атмосферы ниша теоретиков практически отсутствует: сообщество делится на модельеров и экспериментаторов. В отсутствие теоретиков физические принципы атмосферной циркуляции не обсуждаются, не переосмысляются и превращаются в догмы. Единственная физическая идея, стоящая за всеми атмосферными моделями и предложенная несколько веков назад ещё Галлеем, – Архимедова плавучесть (тёплый воздух поднимается, холодный опускается). В любой задаче ветровой циркуляции отыскивается температурный градиент; затем все остальные параметры подгоняются так, чтобы на основе этого градиента воспроизвести наблюдаемые скорости ветров.

Однако существует новый подход, в котором показано, что движение влажного воздуха и транспорт атмосферной влаги обуславливаются конденсацией<sup>10</sup>. Наличие водяного пара в воздухе индуцирует его подъём, а исчезновение водяного пара из газовой фазы при

<sup>8</sup> Kociuba G. and Power S.B.: Inability of CMIP5 models to simulate recent strengthening of the Walker circulation: implications for projections, *J. Climate*, 28, 20–35.

<sup>9</sup> Scheirmeier Q. (2015) Climatologists to physicists: your planet needs you. *Nature* 520: 140–141. URL: [www.nature.com/news/climatologists-to-physicists-your-planet-needs-you-1.17270](http://www.nature.com/news/climatologists-to-physicists-your-planet-needs-you-1.17270)

<sup>10</sup> Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Sheil D., Nobre A.D., Li B.-L. (2013) Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 1039–1056.



**Рис. 1.**  
**Стационарный круговорот**  
**воды на суше.**

конденсации приводит к появлению градиента давления воздуха, заставляющего ветер дуть в сторону области конденсации. Интенсивность ураганов и смерчей<sup>11</sup> определяется не экстракцией тепла из океана, а конденсацией водяного пара, накопленного в предшествующий урагану длительный период времени<sup>12</sup>. На суше главным источником водяного пара служат растения естественных экосистем, главным образом, лесов<sup>13</sup>. Деревья запасают влагу в почве и затем испускают водяной пар в атмосферу в процессе фотосинтеза. Регулируя содержание водяного пара, леса управляют транспортом влаги с океана на сушу в континентальном масштабе.

В современных пустынях, включая Аравийскую, тысячелетия назад существовала богатая растительность. В этот период и были медленно заполнены подземные водоносные слои. Затем

растительный покров по какой-то причине деградировал (возможно, под воздействием человека или других крупных животных). С ним прекратил существование и биотический насос атмосферной влаги<sup>14</sup>. За последние десятилетия, пока страна стремилась к продовольственной независимости, не возобновляющиеся подземные запасы воды были израсходованы на ирригацию. Восстановление круговорота воды в Саудовской Аравии возможно лишь через восстановление естественного растительного покрова и "перезапуска" биотического насоса.

И в России богатство пресной воды не гарантировано её географическим положением: великие реки нашей страны существуют лишь до тех пор, пока российские леса сохраняют жизнеспособность, находящуюся сейчас под угрозой. Восстановление и поддержание управляющих климатических функций наших естественных лесов<sup>15</sup> – важнейшая, не терпящая отлагательств задача, интеллектуальный вызов, несравнимый по

<sup>11</sup> Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Nefiodov A.V. (2011) Condensational theory of stationary tornadoes. *Physics Letters A*, 375, 2259–2261.

<sup>12</sup> Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Nefiodov A.V. et al. (2017) Fuel for cyclones: How the water vapor budget of a hurricane depends on its movement. *Atmospheric Research*, doi: 10.1016/j.atmosres.2017.04.006

<sup>13</sup> Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Li B.-L. (2013) Revisiting forest impact on atmospheric water vapor transport and precipitation. *Theoretical and Applied Climatology*, 111, 79–96.

<sup>14</sup> Gorshkov V.G., Makarieva A.M. (2007) Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1013–1033.

<sup>15</sup> Коротков В.Н. (2017) Основные концепции и методы восстановления природных лесов Восточной Европы. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2, doi:10.21685/2500–0578–2017–1–1.

сложности с популярными титульными проектами современной науки типа полётов на Марс.

Атмосферная наука, а уж тем более наука об экосистемах, в течение последних ста лет воспринимались как нечто второ- и третьестепенное по сравнению с теми разделами физики, которые обеспечили взрывной технологический прогресс. Они долгое время не интересовали интеллектуальную элиту. Но сейчас, когда устойчивость круговорота воды и климата нарушена в глобальном масштабе, именно от качества этих наук и эффективности их взаимодействия судьба человечества зависит в наибольшей степени.

### **Психическое здоровье при перенаселённости**

*Утраченные экологические права.* Технологический прогресс избавил людей от быстрого физиологического изнашивания и страданий, неизбежных при тяжёлом физическом труде. Но это имело свою цену: некоторые важнейшие экологические права, которыми человек располагал в естественной окружающей среде, у цивилизованных людей были незаметно утрачены. Например, личная свобода. В естественной среде каждый человек сам добывал себе пропитание и потому зависел только от себя и от своей небольшой социальной группы. В современном мире специализированного производства все люди сложным образом зависят друг от друга. Ни один человек, сколь бы здоров, умён и компетентен он ни был, не способен сохранить свой уровень жизни, если остальные люди в цивилизации перестанут работать.

В то же время окружающая среда практически повсеместно разрушена (деградировали почвы, вырублены леса, выловлена рыба). Добывать пропитание традиционными способами – то есть, независимо от миллионов незнакомых людей, – уже невозможно. Что более важ-

но, в силу запредельно высокой численности населения масштабный возврат к любому типу натурального хозяйства (например, отказ от химических удобрений) лишь ускорит разрушение остатков естественной природы и прилизит экологический коллапс. При современной численности населения дороги назад к личной свободе и независимости у человечества нет. (При сокращении численности, возможно, есть дорога вперёд<sup>16</sup>.)

Специализация производственного процесса обусловила урбанизацию – совместное проживание на малой территории большого числа незнакомых людей различных профессий. При этом плотность численности населения выросла (а индивидуальная территория – уменьшилась) на несколько порядков по сравнению с естественной окружающей средой человека. Как показали многочисленные исследования, у разных видов млекопитающих перенаселённость приводит к разным поведенческим отклонениям (включая агрессию и отказ от заботы о потомстве<sup>17</sup>), но для всех неизменно является глубоким стрессом. Для минимизации последствий этого перманентного стресса в культуру урбанизированных обществ были включены особые правила поведения, оберегающие психическое здоровье людей.

*Культура поведения при перенаселённости.* В современной цивилизации индивидуальная территория человека сократилась с нескольких квадратных километров в естественной среде до десятков квадратных метров.

<sup>16</sup> Makarieva A., Gorshkov V., Wilderer P.A. (2016) *What Can We Learn from Natural Ecosystems to Avoid a Civilization Breakdown? Section 3.3 in Wilderer P.A., Grambow M. (eds.) Global Stability through Decentralization? In Search for the Right Balance between Central and Decentral Solutions. Series Strategies for Sustainability, Springer International Publishing Switzerland, doi: 10.1007/978-3-319-24358-0\_3*

<sup>17</sup> Calhoun J.B. (1962) *Population density and social pathology. Scientific American* 206, 139–148.



**Рис. 2.**  
**Использование**  
**воздуходувных труб**  
**угрожает здоровью**  
**горожан.**

Экологическое право человека на личную территорию нашло отражение в законе о неприкосновенности жилища. Этот закон, в той или иной форме присутствующий в юридических нормах всех стран, означает недопустимость вторжения чуждых лиц в замкнутое пространство проживания человека. Вторжение предполагает воздействие чужака на зрение и осязание владельца жилища. Воздействие на остальные три из пяти органов чувств человека – слух, обоняние и вкус – практически не принимается во внимание этим законом. Однако без детального исследования экологических особенностей вида *Homo sapiens* невозможно создать удовлетворительную систему законов, гарантирующую устойчивость урбанизированного общества.

В январе 2016 г. в Москве произошло трагическое событие: после неоднократных обращений в полицию мужчина из окна застрелил мешавшую ему спать молодую женщину, рекламировавшую на улице какие-то товары через громкоговоритель. Вспоминается рассказ А.П. Чехова “Спать хочется”: девочка-подросток, изнурённая тяжёлой круглосуточной работой, душит младенца, не дававшего ей спать своим плачем. В обоих случаях к трагическому исходу привело грубое нарушение экологического права человека на неприкосновенность

личного пространства-времени через звуковые сигналы.

До сих пор юридические ограничения шума привязываются к силе звука, выражаемой в децибелах. Различия в информационной составляющей шумов игнорируются<sup>18</sup>. Есть монотонные звуки, схожие с природными шумами (ветер, водопад, море), к которым организм человека генетически адаптирован. Такие шумы даже при значительной громкости могут не вызывать стресса. Гораздо большее воздействие на нервную систему человека оказывают информационные звуки цивилизации (музыка, громкий голос человека и собачий лай). К подобным звукам генетическая программа человека не адаптирована: в естественной среде такие звуки могут издаваться на индивидуальном пространстве *только с согласия его хозяина*. Если эти звуки не подконтрольны владельцу территории, они, в отличие от шума ветра или моря, несут информацию о Вторжении чужаков. Это и вызывает стресс, мотивирующий либо бегство и депрессию, либо агрессивную защиту территории.

К звукам, потенциально несущим угрозу вторжения, человек машинально прислушивается, пытается разобрать

<sup>18</sup> Горшков В.Г., Макарьева А.М. Звуковое информационное загрязнение окружающей среды // Экология и образование. 2001. № 3/4.

их, какими бы тихими они ни были. Поэтому негативное воздействие информационного шума определяется не децибелами, а порогом слышимости, зависящим от расстояния. Информационный шум с источником за пределами жилища, который человек слышит, находясь в своём жилище, эквивалентен аналогичному шуму внутри жилища и должен подпадать под юридические ограничения неприкосновенности жилища. Необходимо исследовать различные шумы цивилизации, их тембр и ритмику, на их совместимость с генетической программой человека и вводить соответствующие ограничения, вплоть до полных запретов.

*Воздуходувные трубы.* В последнее время в городах России получили распространение моторизованные воздуходувные трубы для уборки придомовых территорий (рис. 2). Эти трубы работают на двигателях внутреннего сгорания без эффективных глушителей. Они создают информационный шум, к которому человек не может привыкнуть, так как звук трубы варьирует по интенсивности и частоте ("завывание"). Воздуходувные трубы используются для очистки от мусора территорий вокруг многоэтажных домов, а также для разгона луж и снега. Они нарушают своим шумом тишину в нескольких близлежащих кварталах ежедневно в течение нескольких часов.

Воздуходувные трубы поднимают с поверхности земли и распыляют в воздухе все вредоносные биологические и технические вещества, в особенности самые мелкие частицы, беспрепятственно проникающие в лёгкие и приводящие к онкологическим и аллергическим заболеваниям. В наибольшей степени страдают живые существа, дышащие воздухом у поверхности земли: дети и птицы типа воробьёв. Наши наблюдения в Санкт-Петербурге показали, что интенсивное использование трубы приводит к вымиранию локальных популяций воробьёв, которые, таким образом, могут служить экологическими индикаторами

летальной загрязнённости воздуха. Пока использование воздуходувных труб не приобрело угрожающих масштабов, необходимо в законодательном порядке запретить их использование.

*Лай собак.* Домашние животные в городах не приносят пользы в хозяйстве. Их содержание – замещение ещё одного утраченного человеком экологического права, права на общение (визуальный, звуковой, осязательный контакт) с другими видами своей естественной экосистемы. Люди, наблюдавшие зверей, птиц и других животных в их естественной среде, знают особое чувство сопричастности жизни, где все существа взаимосвязаны. Это чувство попытались передать создатели "Аватара". У детей восприятие мира обострено, они чувствуют эту утрату наиболее сильно, и именно дети воспринимают появление домашнего питомца как счастье. Именно дети являются основными посетителями зоопарков. Как и качели с каруселями, которые дети используют вместо недоступных в городе деревьев и лиан, на которых они могли бы играть в естественной среде, зоопарки созданы для частичного замещения утраченного экологического права человека на видовое разнообразие.

Таким образом, домашние животные (кошки, собаки, морские свинки, канарейки, рыбки и проч.) сугубо положительно воздействуют на психику людей в городах. С одним исключением: собаки, которые громко лают, являются источниками сильного стресса для всех, кроме своих владельцев. Лай собак всегда использовался человеком для охраны индивидуальной территории. Поэтому лай чужой собаки сигнализирует человеку о том, что на его территории чужаки. И наоборот, хозяин громко лающей собаки подсознательно самоутверждается на охваченной лаем территории. Аналогичную роль играют воздуходувные трубы: шум труб, воздействующий на жителей домов, увеличивает собственную значимость уборщиков (так как



именно они, а не жильцы, контролируют звуковой режим на занимаемой ими территории). Один человек с болезненной психикой может таким образом терроризировать большое число людей, не имеющих возможности сбежать от шума в своём дворе или доме.

**Выводы.** В обществах, где урбанизация имеет многовековую историю, многие правила поведения, оберегающие психику человека в условиях перенаселённости, прижились в обществе спонтанно и постепенно. Тишину берегут. Запрещены непрерывные звуковые сигналы автомобилей. Все автомобили в обязательном порядке снабжаются глушителями. Раздражающая жителей городов и посёлков агрессивная звуковая противоугонная сигнализация заменена на бесшумную сигнализацию по мобильному телефону. Музыка (наиболее агрессивное звуковое воздействие, навязывающее слушателю определённое эмоциональное состояние) слушают только в наушниках. Вместо газонокосилок используют косу или не косят траву вовсе. В зарослях травы и кустарника многие певчие птицы, например, соловей, делают свои гнёзда на земле. Если охранять место обитания птиц от собак и кошек, они будут радовать горожан, не избалованных общением с природой, своим пением – естественными звуками весны. Исследования показывают, что наиболее счастливые моменты своей жизни горожане испытывают, находясь среди зелени<sup>19</sup>.

В странах, по разным причинам до сих пор переживающих урбанизацию, щадящие психику нормы поведения не успевают укорениться. Уровень стресса в обществе повышен, что вместе с ухудшающимся экономическим положением может подорвать устойчивость государства. Агрессивная реакция на длительный стресс у большинства людей

обычно подавлена страхом уголовного наказания, однако может найти выход в массовых беспорядках, возникших по независимым причинам, и усилить их.

Направленное исследование экологических особенностей поведения человека и осознанное внедрение правил поведения, максимально отвечающих экологическим потребностям человека, позволят частично снять психологическую напряжённость и упрочить социальную стабильность при минимальных финансовых затратах.

## Заключение

По причинам, заслуживающим отдельного обсуждения, часть людей была вынуждена покинуть свою естественную экосистему – экосистему, в которой образовался вид *Homo sapiens*. Люди расселились на территориях с более холодным климатом и низкой биологической продуктивностью, к которым организм человека не приспособлен. Постоянная неудовлетворённость этими условиями и стремление вернуться к генетически запрограммированному оптимальному уровню жизни на тысячелетия определили вектор научно-технического прогресса.

Окружив себя малым числом полезных для себя биологических видов – растений и крупных животных – люди рассматривали всю остальную биосферу через призму своего знания об этих неестественно функционирующих организмах, выдернутых, как и человек, из их естественных экосистем. Во взглядах на природу доминировали антропоцентрические представления: считалось, что жизнь, подобно человеку, постоянно приспосабливается к непредсказуемо меняющейся окружающей среде. Неудивительно поэтому, что современная цивилизация не только не устойчива сама, существуя на грани экологического коллапса за счёт потребления образовавшихся в отсутствие человека запасов плодородных почв, воды, древесины и топлива, но

<sup>19</sup> MacKerron G., Mourato S. (2013) Happiness is greater in natural environments. *Global Environmental Change*, 23, 992–1000.

и не накопила знаний о том, как устроена устойчивая, в отличие от цивилизации, жизнь. В любой области науки – будь то экономика без роста, устойчивость климата Земли или морфологический стазис в эволюции – сколько-нибудь серьёзный интерес к устойчивости гарантирует учёному полное или частичное выпадение из мейнстрима со всеми вытекающими для карьеры последствиями. Мейнстримный дискурс нашей цивилизации до сих пор жёстко сфокусирован на *росте (прогрессе, развитии, эволюции, глобальных изменениях и т.п.)*.

Однако, поскольку рост, связанный с технологическим прогрессом, исчерпал себя, вопросы устойчивости всплывают в повестке дня всё чаще. Мы закончим эту статью кратким обсуждением некоторых принципов устойчивости жизни и роли в ней крупных животных, включая человека.

*Управляющая часть биоты.* Основная особенность жизни – её фантастическая сложность по сравнению с любыми физическими процессами. Единственное объяснение сложности жизни – это её способность управлять окружающей средой, не допускать её перехода в непригодное для жизни состояние. Сверхсложность этого управления и требует наблюдаемой сверхсложности организации жизни<sup>20</sup>.

Биотическое управление состоит в направленном изменении организмом концентраций веществ в окружающей среде. Чтобы контролировать глобальную окружающую среду, необходимо обеспечить сплошное покрытие поверхности планеты живыми клетками. Биосфера так и устроена: на каждый квадратный микрон поверхности Земли в среднем приходится несколько живых клеток. (Иными словами, воображаемая линия, проведённая от центра Земли че-

рез любую точку земной поверхности и до стратосферы, пройдёт в среднем через несколько живых клеток – в океане, в почве, под пологом леса и даже в атмосфере.)

Управление окружающей средой происходит за счёт энергии солнечного излучения, состоящего из частиц с нулевой массой – фотонов. Поток солнечной энергии (порядка 100 Вт/м<sup>2</sup>) не может быть изменён жизнью. Он накладывает ограничение на количество живых клеток, приходящихся на единицу площади земной поверхности. Поскольку вся живая материя функционирует примерно с одинаковой оптимальной мощностью<sup>21</sup> порядка 1 Вт/кг, то – при известной эффективности использования жизнью солнечной энергии порядка 1% – на один квадратный метр земной поверхности не может приходиться более одного килограмма живых клеток. Если собрать воедино все живые клетки и распределить по поверхности планеты, то толщина образовавшегося сплошного слоя живого вещества не превысит 1 мм, что при плотности живого вещества порядка плотности воды, 1 кг/м<sup>3</sup>, и соответствует 1 кг/м<sup>2</sup>. Этот слой, управляющий окружающей средой жизни, состоит из мельчайших организмов: фито-, бактерио- и зоопланктона в океане, бактерий, грибов и зелёных листьев на суше.

Крупные животные, включая человека, управлять окружающей средой не могут. Действительно, тела крупных животных в занимаемой ими области пространства образуют “слой”, толщина которого на несколько порядков превышает толщину управляющей биоты. Поэтому крупные животные на единицу площади, занимаемой ими на поверхности Земли, потребляют в единицу времени в тысячи раз больше энергии, чем производит биосфера. По этой причине они не

<sup>20</sup> Макарьева А.М., Горшков В.Г. Информационная устойчивость жизни. Часть I. Предотвращение распада организации жизни. Часть II. Эволюция и прогресс // Энергия: экономика, техника, экология. 2016. №№ 3, 4.

<sup>21</sup> Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Li B.-L. et al. (2008) Mean mass-specific metabolic rates are strikingly similar across life's major domains: Evidence for life's metabolic optimum. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 105, 16994–16999.

могут покрыть собой всю поверхность планеты для осуществления регуляции окружающей среды. Таким образом, все крупные животные являются паразитами по отношению к биоте, способной к управлению окружающей средой жизни. Они существуют в окружающей среде, приготовленной для них другими организмами.

До сих пор люди интересуются культурными породами растений и животных и некоторыми дикими животными и растениями, преимущественно редкими<sup>22</sup>. Человек давно заметил, что вся эта жизнь, попадающая в область его интересов, не управляет окружающей средой. Это выразилось в широко распространённом мнении специалистов и экспертов об отсутствии биотического управления окружающей средой. Под охраной природы до сих пор понимается, в основном, охрана животного мира. Охрана лесов от пожаров предпринимается для сохранения пригодной для использования в лесопромышленности древесины. Охрана бактерий и грибов, управляющих окружающей средой совместно с лесами, не обсуждается.

*Крупные животные как угроза устойчивости жизни.* Между тем, крупные животные не только не способны к участию в управлении окружающей средой, но и вынуждены для поддержания собственной жизни локально уничтожать (поедать) биомассу управляющей части биоты. Таким образом, они не просто нагрузка на остальную биоту, но и угроза устойчивости жизни. При существовании крупных животных биомасса биоты сильно флуктуирует во времени, и жизнь оказывается неустойчивой. Как же жизнь решает эту проблему?

Поскольку крупные животные потребляют на единицу занимаемой ими площади много больше, чем производит биосфера, они не могут существо-

вать неподвижно<sup>23</sup>. Крупные животные должны перемещаться с места на место, поедая запас биомассы. Очевидно, что чем меньше локальный запас биомассы, тем быстрее должны передвигаться крупные животные, чтобы обеспечить себя пищей. Поскольку скорость передвижения ограничена биоэнергетическими затратами, избавиться от угрозы крупных животных можно, устремляя массу управляющей части к нулю.

Именно таким образом решена проблема устойчивости в океане, занимающем две трети земной поверхности. Биомасса управляющей части биоты океана состоит из фитопланктона, бактериопланктона и мельчайших многоклеточных организмов зоопланктона. Биомасса океана в тысячи раз меньше биомассы суши, то есть фактически можно считать, что биомасса океана близка к нулю. Фито- и бактериопланктоном может питаться только мельчайший зоопланктон. Живая биомасса крупных животных – “хищников, жестоко поедающих друг друга” – в океане ничтожно мала. Менее чем за сотню лет люди истребили биомассу китов и рыб и теперь вводят жёсткие ограничения на их вылов. Таким образом, океан решил проблему устойчивости жизни при наличии крупных животных, сократив биомассу управляющей части биоты практически до нуля.

Остаётся проблема сохранения устойчивости жизни на суше. Суша не может решить эту проблему как океан, сократив биомассу до минимума, не допускающего разгула крупных животных. Жизнь без воды невозможна. А вода может закачиваться на сушу только ненарушенным лесным покровом высоких деревьев, имеющих большую биомассу. При ничтожной биомассе океана, биомасса леса составляет практически всю биомассу управляющей части биоты планеты. Это, главным образом, “неживая”

<sup>23</sup> Макарьева А.М., Горшков В.Г. Энергетика передвижения в живой и неживой природе // Энергия: экономика, техника, экология. 2013. № 6.

<sup>22</sup> Gaston K.J. (2011) *Common ecology*. Bioscience, 61, 354–362.



**Рис. 3.**  
**Осина, заваленная бобрами на берегу реки. В процессе эволюции могли бы появиться и сухопутные “бобры”, валящие все деревья подряд.**

биомасса стволов и ветвей деревьев, которая поддерживается в энергетически неактивном, но защищённом состоянии, в котором её не могут разрушить насекомые, грибы и бактерии. Но это могут сделать крупные животные. Уничтожение биомассы лесов человеком, до сих пор не осознавшим её значение для собственной жизни, хорошо известно. Но и без человека биомасса лесов и всей растительности является неустойчивой. На суше не существует физических запретов появления в процессе эволюции крупных животных – разрушителей растительной биомассы. Именно эти “мирные вегетарианцы”, а не “жестокие хищники”, несут основную угрозу устойчивости экосистемы суши. Разрушителями древесного растительного покрова в бореальной зоне являются бобры (рис. 3), в тропической зоне – слоны, носороги, жирафы и другие крупные растительноядные животные.

Биота суши сохраняла устойчивость в глобальном масштабе потому, что растительноядные животные-разрушители

возникали локально и существовали в ограниченном ареале. После уничтожения растительного покрова в своём ареале эти разрушители исчезали, после чего их ареал заселяли растения и животные, не способные к разрушениям. Устойчивость растительного покрова восстанавливалась вплоть до появления нового вида-разрушителя. Возможно, что климатическая неустойчивость африканского континента – чередование влажных и засушливых периодов на масштабах тысяч и миллионов лет – имеет подобную экологическую природу. Аналогичная ситуация могла иметь место и во времена динозавров. В целом, экологическая роль растительноядной мегафауны в лесных экосистемах изучена недостаточно: возможно, что уничтожение растительной мегафауны древними людьми<sup>24</sup> могло сыграть положительную роль для устойчивости лесов, если бы сам человек не стал ещё более мощным фактором уничтожения лесов, главным образом, с использованием огня.

Распространение человека в глобальных масштабах привело к сведению лесов и обезвоживанию континентов на большей части суши. Но человек, в отличие от всех остальных животных, включая динозавров, обладает одним единственным уникальным свойством, которое может позволить восстановить устойчивость жизни на суше. Это свойство состоит в способности к научному исследованию природы и изменению своего поведения в соответствии с полученными знаниями.

<sup>24</sup> Kharitononkov M.A. (2016) Model reconstruction of the vegetation cover of the south of the West Siberian Plain from the late Paleolithic period until the late XIX century. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2016. № 2.